

المملكــة العربيــة الســعودية
المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

تقنية البيئة

الكيمياء الحيوية

١٠٠ كيح



مقدمة

الحمد لله وحده، والصلاة والسلام على من لا نبي بعده، محمد وعلى آله وصحبه، وبعد:

تسعى المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني لتأهيل الكوادر الوطنية المدربة القادرة على شغل الوظائف التقنية والفنية والمهنية المتوفرة في سوق العمل، ويأتي هذا الاهتمام نتيجة للتوجهات السديدة من لدن قادة هذا الوطن التي تصب في مجملها نحو إيجاد وطن متكامل يعتمد ذاتياً على موارده وعلى قوة شبابه المسلح بالعلم والإيمان من أجل الاستمرار قدماً في دفع عجلة التقدم التنموي، لتصل بعون الله تعالى لمصاف الدول المتقدمة صناعياً.

وقد خطت الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج خطوة إيجابية تتفق مع التجارب الدولية المتقدمة في بناء البرامج التدريبية، وفق أساليب علمية حديثة تحاكي متطلبات سوق العمل بكافة تخصصاته لتلبي متطلباته، وقد تمثلت هذه الخطوة في مشروع إعداد المعايير المهنية الوطنية الذي يمثل الركيزة الأساسية في بناء البرامج التدريبية، إذ تعتمد المعايير في بنائها على تشكيل لجان تخصصية تمثل سوق العمل والمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني بحيث تتوافق الرؤية العلمية مع الواقع العملي الذي تفرضه متطلبات سوق العمل، لتخرج هذه اللجان في النهاية بنظرة متكاملة لبرنامج تدريبي أكثر التصاقاً بسوق العمل، وأكثر واقعية في تحقيق متطلباته الأساسية.

وتتناول هذه الحقيبة التدريبية " الكيمياء الحيوية" لمتدربي قسم" تقنية البيئة " للكليات التقنية موضوعات حيوية تتناول كيفية اكتساب المهارات اللازمة لهذا التخصص.

والإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج وهي تضع بين يديك هذه الحقيبة التدريبية تأمل من الله عز وجل أن تسهم بشكل مباشر في تأصيل المهارات الضرورية اللازمة، بأسلوب مبسط يخلو من التعقيد، وبالاستعانة بالتطبيقات والأشكال التي تدعم عملية اكتساب هذه المهارات.

والله نسأل أن يوفق القائمين على إعدادها والمستفيدين منها لما يحبه ويرضاه، إنه سميع مجيب الدعاء.

الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

تمهيد

يهتم علم الكيمياء الحيوية بالتركيب الكيميائي لأجزاء الخلية الحية ومعرفة مجرى التفاعلات الكيميائية الحيوية ، كذلك يهتم علم الكيمياء الحيوية بالطبيعة الكيميائية والفيزيائية للأنواع المختلفة من المواد الغذائية والوظيفة البيولوجية لهذه المواد من الخلايا وأيضها الوسيطي. وقد أعطيت أهمية موجزة لأنواع المركبات الكيميائية التي تعد من مقومات الخلايا الحية والمواد المقدمة التي يمكن استخدامها في تخليقها الحيوي. هذه المواد تشمل البروتينات والكربوهيدرات والدهون والمواد اللاعضوية، كذلك هنالك مركبات عضوية تعد أساسية للحياة وتشمل الفيتامينات والأحماض الأمينية والأحماض الدهنية. كما يهتم بدراسة الإنزيمات وميكانيكية عملها ووظائفها التي تشرع التفاعلات الكيميائية في الخلية.

يتفرع علم الكيمياء الحيوية لدراسة علم المناعة وكيمياء الدم والهرمونات المنظمة لنشاط الجسم، كما أن هنالك علوماً تهتم بدراسة المسرطنات والسموم ، كذلك لابد من معرفة الميكانيكيات الجزيئية المختلفة التي بواسطتها تنقل الخلايا الحية الطاقة الكامنة للأغذية على صورة من الطاقة يمكن استخدامها لإيفاد المتطلبات من أجل نشاطاتها المختلفة ونموها وتكاثرها إضافة إلى مناقشة الأجزاء المختلفة من الأيض الوسيطي وتنظيم الأيض.

هنالك تقدم مذهل في علم الجزيئيات الحيوية وعلم الهندسة الوراثية ، حيث تتم دراسات تفصيلية لمعرفة الحموض النووية والكرموسومات وأهميتها. وتوصل العلماء إلى معرفة الخريطة الجينية التي بواسطتها معرفة الصفات والخواص لهذه الجينات وما تسببه من أمراض حتى يتم القضاء على هذه الأمراض.

تحتوي الحقيبة على سبع وحدات تتناول الوحدة الأولى معرفة قياس الرقم الهيدروجيني موضحاً عمل المحاليل المنظمة وطرق تحضيرها وأهميتها العلمية للكائن الحي للمتدرب والباحث في المختبر على حد سواء ، كذلك تشتمل الوحدة على أمثلة من المحاليل المنظمة التي توجد في جسم الكائن الحي.

تتناول الوحدة الثانية الأحماض الأمينية حيث يتم معرفة الأحماض الأمينية والخواص العامة للأحماض الأمينية ، كذلك تتم معرفة تصنيف الأحماض الأمينية وتفاعل الأحماض الأمينية مع كاشف النinهيدين. كما تشتمل هذه الوحدة الببتيدات حيث يتم تعريف الببتيدات وتكوين الرابطة الببتيدية وتسميتها وتحديد أطرافها. الجزء الثالث من هذه الوحدة يهتم بدراسة البروتينات حيث يتم تعريف البروتينات

وتصنيفها (بسيطة ومركبة) ودراسة مستويات تركيب البروتين (تركيب أولي ، ثانوي ، ثلاثي ، رباعي) يهتم الفصل أيضاً بمعرفة أهم وظائف البروتينات.

تتناول الوحدة الثالثة الإنزيمات ومرافقاتها حيث تتم معرفة الخواص العامة للإنزيمات وتصنيف الإنزيمات والعوامل المؤثرة على سرعة التفاعل الإنزيمي (درجة الحرارة ، تركيز الإنزيم ، تركيز الركيزة والأس الهيدروجيني) كذلك تتم دراسة ومعرفة معادلة ميكاليس ومينتون ودراسة التثبيط الإنزيمي وأنواعه (التنافسي – غير تنافسي – اللاتنافسي).

الوحدة الرابعة تعرف الكربوهيدرات وأهيمتها الفيزيولوجية وتصنيفها (أحادية ، قليلة ، متعددة) والجلايكوسيدات وأهم السكريات الأحادية (الجلكوز والفركتوز) والثنائية (سكروز – مالتوز واللاكتوز) وأهم السكريات العديدة (النشا ، الجلايكوجين ، السليلوز).

الوحدة الخامسة تعرف الدهون وأهميتها وتقسيم الدهون (بسيطة ، مركبة ، مشتقة) وأهم الأحماض الدهنية ، خواص الأحماض الدهنية وتفاعلاتها. الدهون الفوسفورية ، السيترويدات .

الوحدة السادسة تهتم بتعريف الفيتامينات وتصنيفها (قابلة للذوبان في الماء – وقابلة للذوبان في الدهون) أهمية كل صنف من هذه الفيتامينات والأمراض الناتجة عن نقصها والمصادر التي توجد فيها هذه الفيتامينات.

الوحدة السابعة وهي مدخل إلى الأيض ويشمل تعريف الأيض وأهميته للكائنات الحية ، عمليات الهدم والبناء ، هضم وامتصاص الكربوهيدرات وتصنيع الجلوكوز من مصادر غير سكرية ، أيض الجليكوجين كذلك يضم الأيض هضم الدهون وامتصاصها وأكسدة الأحماض الدهنية يشمل الأيض هضم وامتصاص البروتينات وهدم الأحماض الأمينية والتخلص من الأمونيا الزائدة .

ونظراً لقلة الساعات النظرية المخصصة لدراسة هذه المادة (ساعة تدريبية واحدة في الأسبوع) فقد اقتصرنا على دراسة المواضيع الأكثر ارتباطاً بتخصصات هذا القسم .



المملكة العربية السعودية
المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

الكيمياء الحيوية

الأس الهيدروجيني والمحاليل المنظمة

الأس الهيدروجيني والمحاليل المنظمة

١



الجدارة:

أن يكون المتدرب قادراً على تعريف الأس الهيدروجيني والمحاليل المنظمة .

الأهداف : عندما تكمل هذه الوحدة ستكون قادراً على أن : -

١ - تعرّف الأس الهيدروجيني .

٢ - تعرّف المحاليل المنظمة .

٣ - تبين عمل المحاليل المنظمة وأهميتها .

٤ - تبين معادلة هندرسون – هسلباك وتبين كيفية استخدامها .

٥ - تذكر أمثلة للمحاليل المنظمة في الأنظمة البيولوجية .

مستوى الأداء المطلوب: أن يصل المتدرب إلى الإتقان الكامل لهذه الجدارة بنسبة ١٠٠٪ .

الوقت المتوقع للتدرب : ساعتان

الأس الهيدروجيني والمحاليل المنظمة

الأس الهيدروجيني pH

الحاصل الأيوني للماء هو الأساس في حساب الأس الهيدروجيني أو pH ، وهو من أهم الطرق لمعرفة تركيز أيون الهيدروجين أو أيون الهيدروكسيل في أي محلول مائي. يلعب تركيز أيون الهيدروجين في المحاليل دوراً رئيساً في الأنظمة البيولوجية ويعرف بأنه لوغاريتم مقلوب تركيز أيون الهيدروجين .

أو

$$pH = \log \frac{1}{[H^+]}$$

أو

$$pH = -\log [H^+]$$

وهذه القيمة تدل على تركيز أيون الهيدروجين والتي يسهل تقديرها ومعرفة ما إذا كان المحلول حمضياً أو قاعدياً. فالماء المتعادل يبلغ تركيز أيون الهيدروجيني فيه (10^{-7}). وكلما انخفضت قيمة pH من 7 كلما زادت قوة الحموضة. فالمحلول الذي قيمة pH له تساوي 3 يكون أكثر حامضية من المحلول الذي قيمة pH له تساوي 5 .

المحاليل المنظمة Buffer Solutions

المحلول المنظم هو محلول مادة أو خليط من المواد تقاوم التغير الكبير في الرقم الهيدروجيني للوسط عند إضافة كميات قليلة من الحمض أو القاعدة له. تعتبر المحاليل المنظمة ذات أهمية كبيرة في عملها بالمحافظة على الرقم الهيدروجيني للأنظمة الحية وذلك لأن تغير الرقم الهيدروجيني داخل الخلايا في السوائل الحيوية يؤدي إلى ضعف نشاط الإنزيمات وربما إلى فقدانه وتغير في شكل البروتينات وربما فقدانها للفعاليات الحيوية التي تقوم بها مثل نقل الأوكسجين ومقاومة العدوى الخارجية والحركة. كما يستفاد من المحاليل المنظمة في المحافظة على الرقم الهيدروجيني أثناء إجراء تجربة بحثية معينة عند رقم هيدروجيني معين دون السماح لقيمته بالتغير أثناء إجراء التجربة .

أنواع المحاليل المنظمة

تنقسم المحاليل المنظمة من حيث تكوينها الكيميائي إلى نوعين: -

(أ) المحاليل المنظمة الحمضية: - وهي تتكون من حمض ضعيف وقاعدته القرينة مثل حمض الخل الذي يتفكك حسب المعادلة : -

$$CH_3\,CooH \leftrightarrows CH_3\,Coo^- + H^+$$

حمض ضعيف (حمض قرين) — القاعة القرينة

ويفضل استخدام هذه المحاليل في الأوساط الحمضية .

(ب) المحاليل المنظمة القاعدية: - وهي تتكون من قاعدة ضعيفة وحمضها القرين مثل المركبات الحاوية لمجموعة أمينية مثل تلك المرتبطة بالحموض الأمينية.

$$R - NH_2 + H^+ \leftrightarrows R - N\,H_3^+$$

قاعدة ضعيفة (القاعدة القرينة) — الحمض القرين

ويفضل استخدام هذه المحاليل المنظمة في الأوساط القاعدية.

معادلة هندرسون – هسلباك Henderson Hasselbalch equation

تستخدم معادلة هندرسون – هسلباك للربط بين الرقم الهيدروجيني للوسط، القيمة الأسية لثابت تفكك الحمض أو القاعدة ونسبة القاعدة القرينة إلى الحمض القرين .

نص المعادلة : -

$$PH = pKa + \log \frac{[A^-]}{[HA]}$$

أو

$$PH = pKa + \log \frac{(\text{القاعدة القرينة})}{(\text{الحمض القرين})}$$

pKa : هو معامل التحلل (وكل حمض له معامل تحلل (ثابت التحلل) يختلف عن الأحماض الأخرى يستفاد من هذه المعادلة في حساب إحدى الكميات المبينة عندما يكون معلوم لدينا الكميتان الأخريان – فبمعرفة تركيز القاعدة القرينة والحمض القرين وثابت التحلل للحمض يمكن حساب الرقم الهيدروجيني للمحلول المنظم وهكذا.

أمثلة لمحاليل منظمة في الأنظمة البيولوجية

١ - المحلول المنظم الفوسفاتي والذي يوجد داخل الخلايا الحية وقيمة الرقم الهيدروجيني له ٦,٨٦.

٢ - المحلول المنظم (للبيكربونات) والذي يوجد في الدم وقيمة الرقم الهيدروجيني له ٧,٤ فزيادة الرقم الهيدروجيني تسبب ما يسمى بداء القلوية Alkalosis والنقصان في الرقم الهيدروجيني يسبب ما يسمى داء الحموضة Acidosis .

٣ - بروتينات مصل الدم تحتوي على أحماض أمينية ذات حمضية ضعيفة مثل الجلوتاميك وحوامض أمينية ذات قاعدية ضعيفة مثل حامض اللايسين هذه الأحماض تصلح أن تكون محاليل منظمة.

هنالك كثير من الميكانيكات التي تحدث داخل الجسم وتعمل على الحفاظ وثبات هذه التراكيز للرقم الهيدروجيني لهذه المحاليل المنظمة.

أسئلة : -

س١: عرّف علم الكيمياء الحيوية .

س٢: اذكر أهم الوحدات التي يشملها علم الكيمياء الحيوية .

س٣: ما هو تعريف الأس الهيدروجيني ؟

س٤: اذكر نص معادلة هندرسون هسلباك وما فائدتها .

س٥: كيف تعرف أن المحلول حمضي أو قاعدي ؟

س٦: عرف المحلول المنظم واذكر دوره في التفاعلات الحيوية .

س٧: اذكر أمثلة لبعض المحاليل المنظمة في الأنظمة البيولوجية .

المملكة العربية السعودية
المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج



الكيمياء الحيوية

البروتينات



البروتينات

٢

الجدارة: -

أن يكون المتدرب قادراً على معرفة الوحدات البنائية الأساسية للبروتينات (الأحماض الأمينية) والببتيدات ودراستها دراسة شاملة .

الأهداف : - عندما تكمل هذه الوحدة ستكون قادراً على أن :

١ - تعرف الأحماض الأمينية .

٢ - تصنف لأحماض الأمينية .

٣ - تذكر أمثلة الأحماض أمينية نادرة في البروتينات وحموض أمينية غير بروتينية .

٤ - تبين تسمية الببتيدات وتحديد أطرافها .

٥ - تعرف البروتينات .

٦ - تذكر وظائف البروتينات .

٧ - تبين أقسام البروتينات .

٨ - تذكر البناء الكيميائي للبروتينات .

٩ - تشرح كيف يتم ترسيب البروتينات .

١٠ - تبين كيف يتم تغير الصفات الطبيعية للبروتينات (المسخ) .

مستوى الأداء المطلوب : -

أن يصل المتدرب إلى الإتقان الكامل لهذه الجدارة بنسبة ١٠٠٪ .

الوقت المتوقع للتدريب : ثلاث ساعات

البروتينات

الأحماض الأمينية هي اللبنة الأساسية لبناء جميع البروتينات ، كما وتعد مواد أولية لتوليد بعض الهرمونــات (Hormones) والبيورينــات (Purines) والبيريمودينــات (Pyrimidines) والبورفيرينــات (Porphyrines) والفيتامينات (Vitamines). إن عدد الأحماض الأمينية التي تبنى منها البروتينات في الطبيعة عشرون حامضاً أمينياً تنتج هذه الأحماض الأمينية إما عن التحلل الكامل للبروتين ، أو تصنع بالطرق الكيماوية.

تركيب الأحماض الأمينية

تتكون الأحماض الأمينية من ذرة كربون α ترتبط بها أربع مجاميع مختلفة هي: -

١ - مجموعة كربوكسيلية $-C(=O)-OH$

٢ - مجموعة أمينية $-NH_2$

٣ - ذرة هيدروجين $-H$

٤ - مجموعات مختلفة يرمز لها بالرمز R وتختلف من حمض أميني إلى آخر وتسمى بالسلاسل الجانبية أو المجموعات الطرفية .

```
        O     O
        1     11
R -     C   - C - OH
        1
       NH2
```

توجد الأحماض الأمينية في المحاليل المتعادلة على هيئة متأنية وفي حالة التأين تكتسب المجموعة الأمينية NH_2 بروتوناً وتتحول إلى NH_3^+ أما المجموعة الكربوكسيلية فتفقد بروتوناً وتتحول إلى Coo^- .

تصنيف الأحماض الأمينية

تعتمد أفضل الطرق لتصنيف الأحماض الأمينية على قطبية مجاميع R في الماء عند الرقم الهيدروجيني ٧ وهنالك أربعة أقسام على حسب هذا التصنيف : -

١ - أحماض أمينية ذات سلاسل طرفية غير قطبية وكارهة للماء : -

هذه الأحماض قليلة الذوبان في الماء ومن أمثلتها : -

الأنين (Alanine) — فالين (Valine) — ليوسين (Leucine) — ايسوليوسين (Isoleucine) — برولين (Proline) — مثيونين (Methionine) — فينيل ألانين (Phenylalanine) - تربتوفان (Tryptophan) .

(مثال) الحمض الأميني	الرمز	التركيب الكيماوي
الأنين Alanine	Ala	$CH_3 - CH - CooH$ I NH_2

٢ - أحماض أمينية ذات سلاسل طرفية غير مشحونة ومحبة للماء : -

جلاسين (Glycine) — سيرين (Serine) — ثريونين (threonine) — سستين (Cysteine) — تيروسين (Tyrosine) — اسبارجين (Asparagine) — جلوتامين (Glutamine).

هذه الأحماض أكثر ذوبانية في الماء وذلك لأنها تحتوي على مجاميع فعالة لها المقدرة على تكوين روابط هيدروجينية مع الماء .

(مثال) الحمض الأميني	الرمز	التركيب الكيمياوي
جلاسين (Glycine)	Gly	$H - CH - CooH$ I NH_2

٣ - أحماض أمينية ذات سلاسل طرفية مشحونة بشحنة موجبة عند الرقم الهيدروجيني (٧) : -

لايسين (Lysine) — أرجين (Arginine) — هستدين (Histidine) .

تسمى هذه الأحماض الأمينية بالقاعدية.

(مثال) الحمض الأميني	الرمز	التركيب الكيمياوي
لايسين (Lysine)	Lys	$CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH - COOH$ (I NH_2 تحت CH_2 الأول، و I NH_2 تحت CH)

٤ - أحماض أمينية ذات سلاسل طرفية مشحونة بشحنة سالبة عند الرقم الهيدروجيني (٧) : -
حمض اسبارتيك (Aspartic) – حمض جلوتاميك (Glutamic acid) .
تسمى هذه الأحماض الأمينية بالحامضية.

(مثال) الحمض الأميني	الرمز	التركيب الكيمياوي
حمض اسبارتيك (Aspartic acid)	ASP	$HOOC-CH_2-\underset{\underset{NH_2}{\mid}}{CH}-COOH$

أمثلة لأحماض أمينية نادرة في البروتينات

١ - هيدروكسي برولين (يوجد في البروتين الليفي المسمى الكولاجين).
٢ - ميثايل لايسين (يوجد في البروتين العضلي المسمى المايوسين).

أمثلة لأحماض أمينية غير بروتينية

١ - الأورنثين وهو مشتق من الحمض الأميني أرجنين وهو ناتج وسطي في دورة اليوريا.
٢ - الكرياتين وهو مشتق من الحمض الأميني جلاسين يتحول إلى فوسفوكرياتين ويقوم بعملية خزن الطاقة في الحيوان.
٣ - هيدروكس ترتبوفان وهو مشتق في الحمض الأميني تربتوفان وموجود في الجهاز العصبي المركزي.

الأحماض الأمينية تصنع في الجسم لكن هنالك بعض الأحماض الأمينية التي لاتصنع في الجسم ويجب توفرها في الغذاء وتسمى الأحماض الأمينية الضرورية (Essential amino acids) مثل الليوسين الايزوليوسين – الثريونين – التربتوفان – الفينايل ألانين – الفالين – اللايسين.

الببتيدات

ترتبط الأحماض الأمينية باتحاد مجموعة كربوكسل لأحد الأحماض الأمينية مع مجموعة الأمين من حمض أميني آخر مع فقد جزئ ماء (شكل رقم ٢ -١).

$$
{}^{+}H_3N-\underset{\underset{R_1}{\mid}}{\overset{\overset{H}{\mid}}{C}}-\underset{\underset{O^-}{\parallel}}{\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}}+{}^{+}H_3N-\underset{\underset{R_2}{\mid}}{\overset{\overset{H}{\mid}}{C}}-\underset{\underset{O}{\mid}}{\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}}\Leftrightarrow{}^{+}H_3N-\underset{R_1}{\overset{\overset{H}{\mid}}{C}}-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-\underset{\underset{H}{\mid}}{N}-\underset{\underset{R_2}{\mid}}{\overset{\overset{H}{\mid}}{C}}-\underset{\underset{O^-}{\mid}}{\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}}-{}^{+}H_2O
$$

وتسمى الرابطة بينهما بالرابطة الببتدية ، وعند ارتباط حمضين أمينين برابطة ببتدية يسمى ثنائي الببتيد Dipeptide وعند ارتباط ثلاثة حموض أمينية يسمى ثلاثي الببتيد وعند ارتباط عدد كبير من الحموض الأمينية تسمى عديد الببتيد Polypeptide ويكون للسلسلة الببتدية إتجاه معين للمجموعة الأمينية الطرفية لاترتبط بحمض أميني جديد بينما المجموعة الكربوكسيلية يمكن أن ترتبط مع حمض أميني آخر .

البروتينات – التركيب والوظيفة
PROTEINS-STRUCTURE & FUNCTION

تعريف البروتينات

تعرف البروتينات بأنها مركبات ذات أوزان جزيئية عالية تتراوح ما بين $1X10^4$ - $1X10^6$ دالتون ، مكونة من وحدات الأحماض الأمينية الفا مترابطة مع بعضها بواسطة رابطة الببتيد.

وظائف البروتينات functions of proteins

للبروتينات وظائف مختلفة يمكن إجمالها بما يأتي : -

١ - إنزيمات **Enzymes** :

وهي عوامل بيولوجية مساعدة Biocatalysts ، ويزيد عددها على أكثر من 1500 إنزيم ، كل منها يحفز تفاعلاً كيميائياً معيناً. مثل رايبو نيوكلييز. لاكتيت، ديهيدروجنيز. فوسفاتيز. هكسوكاينيز.

٢ - عناصر تركيبية **Structural elements**

تدخل تحت هذا الباب بروتينات مختلفة كالبروتين الليفي المسمى الكولاجين Collagen الذي يدخل في تركيب الأنسجة الرابطة حيث يساعد على ربط مجاميع الخلايا لتكوين الأنسجة في الحيوانات الراقية. وهناك الإلاستين elastin الذي يدخل في تركيب جدران الأوعية الدموية. ومن البروتينات التركيبية الأخرى الكيراتين Keratin الذي يدخل في تراكيب الجلد والشعر والأظافر والريش.

٣ - البروتينات الناقلة **Transport proteins**

هناك مركبات معينة يتم نقلها من نسيج إلى آخر بوساطة بروتينات ناقلة. فعلى سبيل المثال ، ينقل الهيموجلوبين الأوكسجين من الرئتين على الأنسجة المختلفة حيث يرتبط الأوكسجين بذرات الحديد الموجودة في مجاميع الهيم heme الأربعة في جزيئة الهيموجلوبين. يتحد الألبومين albumin الموجود في مصل الدم في الأحماض الدهنية الحرة free fatty acids فيتم نقلها بين الأنسجة الدهنية والأعضاء

الأخرى في الفقريات. وهناك البروتين المسمى بتا – لايبوبروتين β-lipoprotein الموجود في الدم الذي يقوم بنقل الدهون عن طريق الدم.

٤ - هورمونات Hormones

هناك عدد من الهورمونات تعد ذا تركيب بروتيني وعلى العموم فالهورمونات هي مركبات ، تفرز من الغدد الصماء ، وتعمل على سيطرة العمليات الحياتية في الجسم. فهورمون الأنسولين Insulin يفرز من غدة البنكرياس ويقوم بتنظيم العمليات الحياتية لسكر الجلوكوز ونقصه في الإنسان يسبب مرض السكر Diabetes mellitus وهورمون النمو Growth hormone الذي يفرز من الغدة النخامية الأمامية الذي ينظم عملية النمو والتكامل وهرمون تحت الدرقية parathyroid hormone الذي ينظم العمليات الحياتية للكالسيوم والفوسفات.

٥ - عوامل وقائية Protective agents

إن لبعض البروتينات وظائف دفاعية أو وقائية ضد الفيروسات Viruses والبكتريا الضارة. وتسمى هذه البروتينات الأجسام المضادة antibodies حيث تتحد مع الأجسام الغريبة التي تدخل الجسم والتي تدعى antigens وتعطلها عن عملها.

٦ - البروتينات الخازنة Storage Proteins

وهذا النوع من البروتينات يستخدم لخزن المواد الغذائية مثل زلال البيض Ovalbumin والحليب يحتوي على الكازين Casein. وبروتينات البذور النباتية الغنية بالبروتين كالفاصوليا واللوبيا والبزاليا. والفيريتين Ferritin الموجود في الأنسجة الحيوانية والحاوي على عنصر الحديد.

٧ - البروتينات المتقلصة Contractile Proteins

تعمل بعض البروتينات كعناصر أساسية في التقلص Contraction والانبساط relaxation وأهم هذه البروتينات المعروفة الآكتين Actin والمايوسين Myosin كعنصرين أساسيين للجهاز الحركي العضلي.

٨ - بروتينات لصيانة الضغط الأزموزي وأس ايون الهيدروجين

Proteins for maintenance of osmotic Pressure and pH

تؤدي بروتينات بلازما الدم وخصوصاً الألبومين ، دوراً مهماً للمحافظة على الضغط الأزموزي للخلايا النسيجية وإبقاء الأس الهيدروجيني بالمعدل الطبيعي pH 7.4 لاستمرار الحياة في الخلية .

تقسيم البروتينات: -

تنقسم البروتينات من حيث تركيبها إلى ثلاثة أقسام رئيسة: -

البروتينات البسيطة – البروتينات المركبة – البروتينات المشتقة

١ - البروتينات البسيطة: -

وهي عبارة عن البروتينات المتكونة من أحماض أمينية فقط وغير مرتبطة بمركبات أخرى ومن تحللها فإنها تنتج خليطاً من الأحماض الأمينية.

وتنقسم البروتينات البسيطة على حسب شكلها إلى قسمين رئيسين: -

أ - البروتينات الليفية – وهي عبارة عن بروتينات على شكل ألياف ولا تذوب في الماء كما إنها لا تهضم ومن أمثلتها الكولاجين وهو من المكونات الرئيسة للأنسجة الضامة للغضاريف – والاستين ويوجد في العضلات والكرياتين ويوجد في الشعر ، والأظافر .

ب - البروتينات الكروية – وتتكون من سلاسل ببتيدية متعددة منطوية بشدة لتكون كرات متراصة. وتذوب أغلب البروتينات الكروية في المحاليل المائية ومعظم الإنزيمات المعروفة عبارة عن بروتينات كروية وكذلك المضادات الحيوية. وتشمل البروتينات الكروية الالبيومينات مثل البيومين البيض والجلوبيولينات مثل جلوبيولين سيرم الدم والهستونات والبروتامين والجلوتيولينات.

٢ - البروتينات المرتبطة:

وتتكون من بروتينات بسيطة مرتبطة بمركبات غير بروتينية ويسمى الجزء غير البروتين باسم المجموعة المرتبطة .

وتنقسم هذه البروتينات إلى ما يلي: -

أ/ البروتينات النووية Nucleoproteins :

وهي تحتوي على بروتينات بسيطة مثل الهستونات أو البروتامينات مرتبطة مع حمض نووي (DNA , RNA) وهي توجد في أنوية الخلايا وفي السيتوبلازما والميتوكوندريا.

ب/ البروتينات الفوسفاتية:

وهي بروتينات بسيطة مرتبطة مع حمض الفوسفوريك برابطة استرية ومن أمثلتها كازين الحليب (Casein) .

ج/ البروتينات الكربوهيدراتية Glycoprotein :

وفي هذه الحالة تكون المجموعة المرتبطة عبارة عن كربوهيدرات ومن أمثلتها الميوسين الموجود في اللعاب.

د/ البروتينات الملونة Chromoproteins :

وهي عبارة عن بروتين بسيط متحد مع مركب ملون ومن أمثلتها الهيموجلوبين والسيتوكروم.

هـ/ البروتينات الدهنية Lipoproteins :

وهي عبارة عن بروتينات بسيطة مع الدهون وتوجد في سيرم الدم والمخ والأنسجة العصبية.

و/ البروتينات المعدنية Metalloproteins :

وهي عبارة عن بروتينات بسيطة مرتبطة مع أيونات غير عضوية مثل الماغنسيوم والكالسيوم ومن أمثلتها العديد من الإنزيمات التي تحتاج إلى هذه الأيونات في عملها.

٣ - البروتينات المشتقة: -

وهي البروتينات التي تتكون نتيجة تأثير بعض العوامل الطبيعية أو الكيميائية على البروتينات وتغير من تركيبتها الطبيعية ولكنها تحتفظ بخواصها العامة المميزة ومن أمثلتها البتون Peptones والبروتيوسس Proteoses .

البناء الكيميائي للبروتينات Protein structure

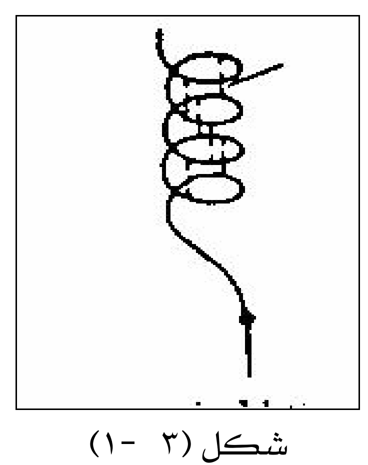
تعتمد البروتينات في صفاتها الكيميائية والفيزيائية على البناء التركيبي الكيميائي وتختلف البروتينات بالنسبة لهذا البناء. وللبروتينات مستويات بنائية أربعة: -

١ - البناء الأولي **Primary structure**

ويتحدد هذا البناء بنوع وعدد الأحماض الأمينية وطريقة ارتباطها مع بعضها وترتيبها بواسطة الروابط الببتيدية.

٢ - التركيب الثانوي **secondary structure**

ويشير إلى ارتباط الأحماض الأمينية القريبة من بعضها في السلسلة الببتيدية بواسطة روابط هيدروجينية بين o=c ---NH مما يؤدي إلى انطواء السلسلة الببتدية على شكل حلزوني. شكل (٣ -١) الذي يسمى α - helix .



شكل (٣ -١)

٣ - التركيب الثلاثي **Tertiary structure**

ويشير إلى ارتباط الأحماض الأمينية البعيدة عن بعضها بالسلسلة البيتدية الواحدة إما بروابط هيدروجينية أو كبريتية أو أيونية أو استيرية مما يؤدي إلى انطواء السلسلة الببتدية المتعددة لتأخذ شكلها الطبيعي.

٤ - التركيب الرباعي **Quatenary structure**

تظهر البروتينات المحتوية على أكثر من سلسلة ببتيدية متعددة واحدة مستوى آخر التنظيم البنائي يطلق عليه التركيب الرباعي ويشير هذا التركيب إلى كيفية ارتباط السلاسل مع بعضها البعض ويطلق على كل سلسلة ببتدية متعددة في التركيب الرباعي بالوحدة الفرعية Subunit. ومن الأمثلة على التركيب الرباعي هو تركيب الهيموجلوبين الذي ينقل الأوكسجين في الجسم حيث يتركب من اربع وحدات فرعية أو أربع سلاسل ببتيدية .

ترسيب البروتينات: -

١/ التمليح الخارجي والداخلي للبروتينات Salting in and salting out of protein .

عند إضافة محلول متعادل من كلوريد الصوديوم أو كبريتات المغنسيوم أو كبريتات الأمونيوم تترسب البروتينات معتمدة على نوعية وعلى تركيز هذه الأملاح. وأسباب حدوث الترسيب يرجع إلى إما تعادل شحنات جزيئات البروتين بواسطة الشحنات التي تحملها أيونات الأملاح. ونتيجة لهذا التعادل فإنها تتجمع وتنفصل أو أن تراكيز الأملاح العالية تعمل على إزالة الماء من حول البروتين وبذلك تعمل على تقليل ذوبانيته وتسمى هذه الظاهرة بالتمليح الخارجي Salting out وفيها تترسب البروتينات وهي بحالتها الطبيعية ويمكن إعادة إذابتها بدون أن تفقد صفاتها الحيوية. أما التراكيز القليلة من الأملاح المتعادلة فإنها تزيد من ذوبان البروتينات في المحلول وتسمى بالتمليح الداخلي Salting in وتعتبر الأيونات ثنائية الشحنه مثل $HgCl_2$ - SO_4 $(NH_4)_2$ أكثر تأثيراً من الأيونات ذات الشحنة الأحادية مثل KCl , NaCl كما أن قابلية الأملاح المتعادلة لإذابة البروتينات تعتمد على القوة الأيونية فعندما تزداد يترسب البروتين ويدخل مرحلة التمليح الخارجي.

٢/ الترسيب بواسطة المعادن الثقيلة: -

تتم عملية الترسيب بوساطة اتحاد البروتين مع أيونات المعادن الثقيلة غير الذائبة مثل Ag^+ و Hg^{++} عند ترسيب البروتين بهذه الطريقة فإنه يفقد صفاته الحيوية.

تغيير الصفات الطبيعية للبروتينات (المسخ) Denaturation of Proteins

يتضمن المسخ التغيرات التي تطرأ على جزئية البروتين من النواحي الفيزيائية والكيمياوية والخواص الحياتية. إن العوامل المسببة لمسخ البروتين تشمل مايأتي : -

١ - تعرض البروتين إلى درجة حامضية أو قاعدية عالية جداً.
٢ - التعرض لدرجات الحرارة العالية (تصلب بياض البيض عند التسخين).
٣ - التعرض للأشعة فوق البنفسجية.
٤ - التعرض إلى الموجات فوق الصوتية Ultrasonic vibration .
٥ - الرج والتحريك القوي لمحلول مائي من البروتين مما يتولد عن ذلك فقاعات ورغوة على سطح البروتين.

٦ - تعرض البروتين إلى تراكيز عالية من مركبات قطبية كاليوريا والجواندين التي تعمل على تحطيم الروابط الهيدروجينية.

٧ - معاملة البروتين لبعض المذيبات العضوية كالكحول الأثيلي والأستون. ويمكن السيطرة على مسخ البروتين في هذه الحالة باستخدام مذيب عضوي في درجة حرارة منخفضة.

٨ - عملية سحق البروتين بأدوات ميكانيكية من شأنها تشويه البروتين.

بعض التغيرات التي تطرأ على البروتين المسخ وهي: -

١ - انخفاض في قابلية الذوبان.

٢ - انفكاك طيات سلاسل متعدد الببتيد ، وينجم عن ذلك فقدان كل من التركيبين الحلزوني الفا وثلاثي الأبعاد لأشكالها الهندسية المنسقة والمتميزة وتتحول إلى التواءات عشوائية. أما سلسلة متعدد الببتيد والأواصر الببتيدية ، فتبقى سليمة.

٣ - يسهل تحلله بواسطة الإنزيمات المحللة Proteolytic enzymes .

٤ - فقدان كبير للفعالية البايولوجية. (مثال لذلك الانزيمات).

إن إرجاع البروتين المسخ إلى وضعه الطبيعي أو الفطري Native form يتوقف على عدة عوامل ، منها طبيعة تركيب البروتين والمدة الزمنية التي عرض إليها البروتين للمسخ ، وكذلك عمق المسخ ، ونوعية العامل المسبب للمسخ.

وعلى العموم ، فإن المسخ هو حالة غير عكسية Irreversible ، ولو أن هناك حالات استثنائية أمكن إرجاع البروتين المسخ إلى وضعه الطبيعي ، ومنها مايأتي: -

١ - مسخ الهيموجلوبين باستخدام حامض قوي وإعادة الهيموجلوبين المسوخ إلى وضعه الطبيعي Denaturation ، وذلك بتعامله تحت ظروف ملائمة.

٢ - مسخ إنزيم رايبونيوكلييز البنكرياسي بالحرارة ثم يسترجع تركيبه ثلاثي الأبعاد وفعاليته البايولوجية تدريجياً عند الرقم الهيدروجيني 7.0 وفي درجة حرارة الغرفة .

وأخيراً يجب أن نكون ملمين جيداً بموضوع البروتين لأهمية الموضوع من الناحية الطبية. فلو طلب على سبيل المثال ، تقدير فعالية إنزيم من دم مريض ما. فمن الضروري جداً الاهتمام الكامل بعملية جمع عينات الدم وطريقة تناولها واستخراج فعاليتها بصورة صحيحة. وعلى العكس ، فإن إهمال العينات قد ينجم عنه مسخ البروتين ، وبالتالي الحصول على نتائج خاطئة.

أسئلة : -

س١ : اذكر المجموعات التي تتكون منها الأحماض الأمينية .

س٢ : اذكر الأحماض الأمينية ذات السلاسل الطرفية غير المشحونة والمحبة للماء – مع ذكر التركيب الكيميائي لأحد هذه الأحماض .

س٣ : اذكر مثالين لأحماض أمينية غير بروتينية .

س٤ : عرف البروتين مع ذكر أربع من وظائف البروتينات ؟

س٥ : أكتب ما تعرفه عن البروتينات المرتبطة .

س٦ : ما هو التركيب الثانوي والتركيب الثلاثي للبروتينات .

س٧ : تكلم باختصار عن التغيرات التي تحدث للبروتين بعد مسخه (بعد عملية الدنترة).

س٨ : اذكر الفرق بين التمليح الخارجي والتمليح الداخلي للبروتينات.



المملكـة العربيــة الســعودية
المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

الكيمياء الحيوية

الإنزيمات

الإنزيمات





الجدارة : -

أن يكون المتدرب قادراً على معرفة الإنزيمات عملها وتفاعلاتها والمثبطات الإنزيمية .

الأهداف : - عندما تكمل هذه الوحدة ستكون قادراً على أن : -

١ - تعّرف الإنزيمات .

٢ - تذكر الخواص العامة للإنزيمات .

٣ - تذكر استعمالات الإنزيمات .

٤ - تعدد أقسام الإنزيمات .

٥ - تبين طريقة عمل الإنزيمات .

٦ - تذكر العوامل التي تؤثر على النشاط الإنزيمي كدرجة الحرارة و pH وتركيز الإنزيم وتركيز مادة الأساس .

٧ - تعّرف مثبطات الإنزيمات .

٨ - تعدد أقسام مثبطات الإنزيم .

٩ - تبين التثبيط غير العكسي للإنزيمات .

١٠ -تبين الثبيط العكسي للإنزيمات .

١١ -تبين التثبيط التنافسي للإنزيمات مع ذكر مثال له .

١٢ -تبين التثبيط غير التنافسي للإنزيمات مع ذكر مثال له .

مستوى الأداء المطلوب : - أن يصل المتدرب إلى الإتقان الكامل لهذه الجدارة بنسبة ١٠٠٪ .

الوقت المتوقع للتدريب : - ساعتان .

الإنزيمات ENZYMES

تعريف الإنزيمات : -

هي عبارة عن مواد بروتينية تتكون بواسطة الخلايا وتعمل كعوامل مساعدة للتفاعلات التي تحدث بخلايا الكائن الحي وتعمل في أنسجة الجسم عند درجة حرارة الجسم ودرجة pH مماثلة لدرجة pH الجسم .

الخواص العامة للإنزيمات : -

١ - تدخل الإنزيمات التفاعلات بكميات قليلة دون أي تغير في تركيبها الكيميائي . وللإنزيمات تخصص في عملها إذ لكل مركب إنزيم معين يستطيع أن يحلله ، تخصص الإنزيمات في أهم الظواهر الحيوية التي بدونها لاتتم عملية الأيض .

٢ - يؤدي الإنزيم وظيفته بصورة كاملة تحت الظروف الفيزيولوجية من درجة الحرارة والرقم الهيدروجيني pH وتركيز المادة الأساس .

٣ - في التفاعلات الإنزيمية مادة الأساس تتحول بكفاءة وسرعة عاليتين ، لكن التفاعلات الأخرى نجد أن نسبة معينة من المادة الأولية تتحول إلى ناتج والباقي من المادة يُفقد في كثير من التفاعلات الجانبية ، لا تغير الإنزيمات ثابت الاتزان .

٤ - تحتوي بعض الإنزيمات على مكونات كيميائية يحتاجها الإنزيم لإبداء نشاطه التام وتسمى العوامل المساعدة Cofactors تكون على شكل معادن مثل الحديد والماغنسيوم أو على شكل جزئيات عضوية تسمى مرافقات الإنزيم (Coenzymes) .

٥ - ترتبط العوامل المساعدة أحياناً مع الجزء البروتيني من الإنزيم بقوة ويطلق عليها في هذه الحالة المجموعة الرابطة Prosthetic group .

تعاريف هامة : -

وحدة الإنزيم Enzyme unit تعرف بأنها كمية الإنزيم التي تحول مايكرومول واحد من المادة الأساس إلى ناتج في الدقيقة الواحدة تحت الظروف المحددة للقياس .

درجة النشاط النوعية Specific activity هي عبارة عن عدد وحدات الإنزيم لكل ملجرام من البروتين .

استعمالات الإنزيمات : -

١ - لدراسة مسار من المسارات للتفاعلات البيولوجية وتنظيم هذه التفاعلات .

٢ - لدراسة تركيب عمل الإنزيمات وآليتها .

٣ - تستخدم في الصناعة كعوامل مساعدة بيولوجية لتصنيع الهرمونات والعقاقير .

٤ - تستخدم دراسة فعالية الإنزيمات الموجودة في مصل الدم سريرياً كمؤشر لمعرفة حالة مرضية معينة .

تقسيم الإنزيمات : -

١ - إنزيمات الأكسدة والاختزال Oxidoreductase

وتشمل الإنزيمات التي تدخل في عملية الأكسدة والاختزال مثل هيدروجنيز الكحول .

٢ - إنزيمات ناقلة Transfers

تعمل على نقل مجموعة فعالة من مركب إلى مركب آخر. مثال لذلك نقل مجموعة أمين (NH_2) أو فوسفات من مركب آخر .

٣ - إنزيمات التحلل المائي Hydrolyses

تعمل على تحليل الروابط الببتيدية والأسترية والروابط الجليكوسيدية مثل إنزيمات الهضم مثل إنزيم الأميليز الذي يحلل النشا إلى سكريات بسيطة .

٤ - لاييز Lyases (الحذف أو الإضافة)

تساعد على إزالة مجموعة كيميائية أو إضافة مجموعة كيميائية من مركب كيميائي بدون تحليل مائي وهذه الإنزيمات تعمل على الروابط (C-C) (C-O) (C-S) مثال إنزيم ديكاربوكسليز .

٥ - الإنزيمات المناظرة Isomerases

تعمل على تحويل مركب إلى مركب آخر مناظر له مثال لذلك ايسوميريز .

٦ - الإنزيمات الرابطة Ligases (الإنزيمات الرابطة)

تعمل على ربط جزيئين معاً مع تحلل المركب ادنوسين ثلاثي الفوسفات (ATP) للحصول على الطاقة مثال لذلك تايروسنيز Tyrosinase .

طريقة عمل الإنزيمات : -

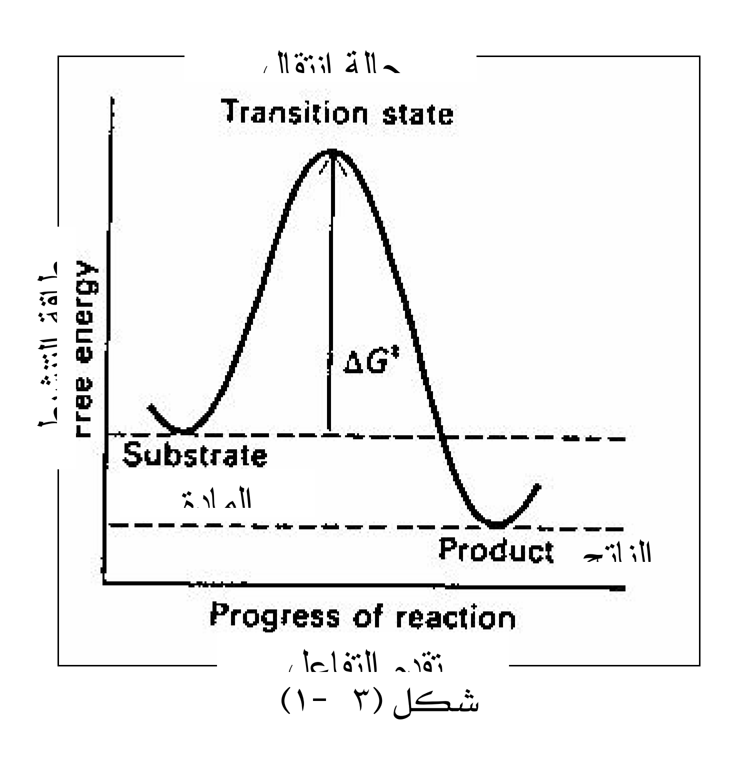
لحدوث التفاعل الكيميائي :

$$A \leftrightarrow B$$

يجب أن تمر جزيئات المادة A على مرحلة انتقالية تكون فيها طاقة التنشيط الحرة أعلى من كل من جزيئات المواد المتفاعلة A والمواد الناتجة B (شكل ٣ -١) وتعرف طاقة التنشيط على أنها كمية الطاقة بالسعرات اللازمة لجلب جميع الجزيئات الموجودة في وزن جزيئي جرامي لمادة عند درجة حرارة معينة لحالة التفاعل .

ويقوم عمل الإنزيمات أساساً على تقليل طاقة التنشيط اللازمة للتفاعل مما يؤدي إلى زيادة سرعة التفاعل زيادة كبيرة .

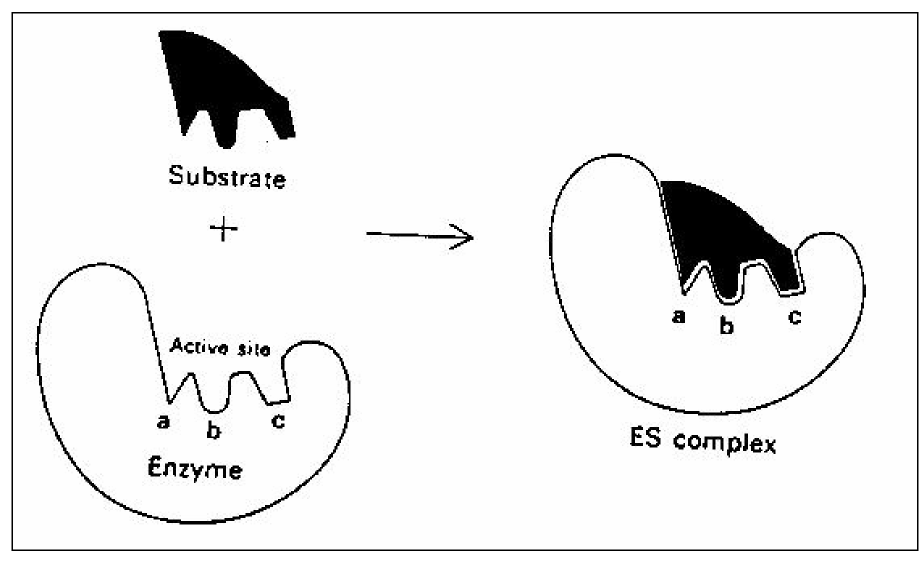
تسبق عملية تكون وتفكك الروابط الكيميائية بمساعدة الإنزيمات تكون مركب معقد بين الإنزيم والمادة الأساس (المادة التي يشتغل عليها الإنزيم) Enzyme-substrate complex (ES) حيث ترتبط المادة الأساس بمنطقة معينة على الإنزيم تسمى الموقع الفعال Active site وهناك طريقتان مقترحتين لارتباط الإنزيم مع المادة الأساس .



شكل (٣ -١)

١/ طريقة القفل والمفتاح **Lock and key model**

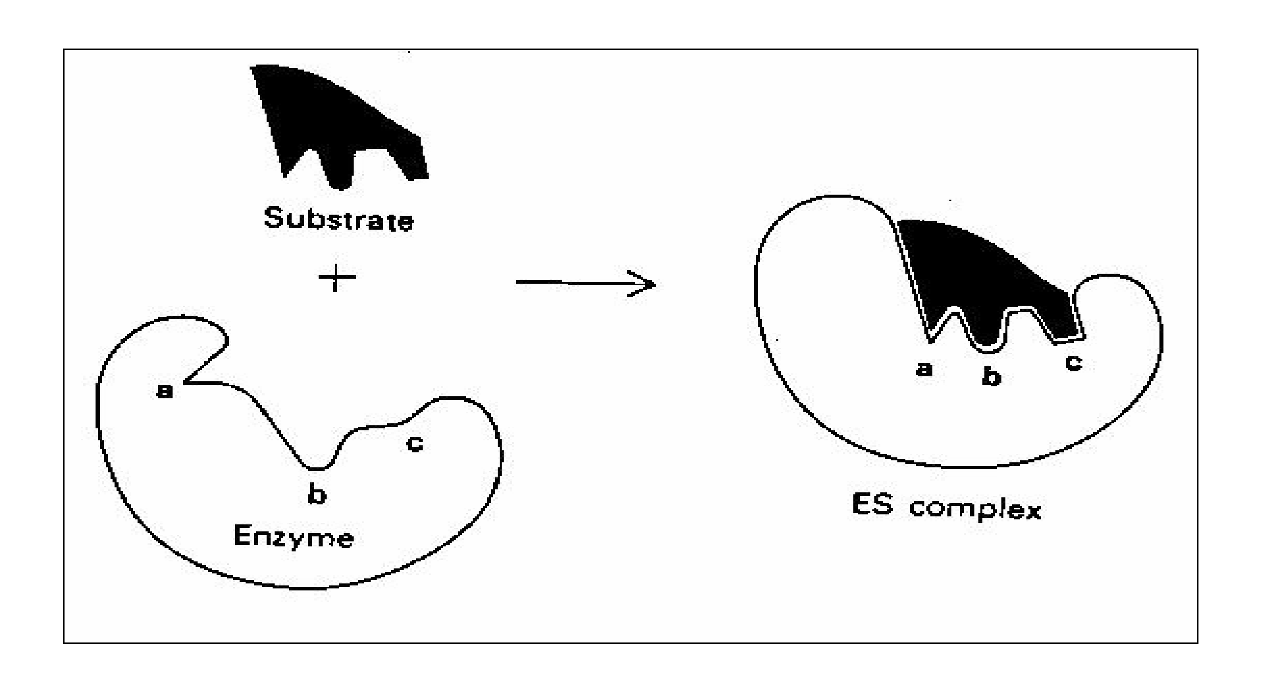
وفي هذه الحالة تكون المادة الأساس لها تركيب معين بحيث ترتبط من الموقع الفعال كما يرتبط المفتاح مع القفل شكل (٣ -٢) ومعنى هذا أن الإنزيم لايستطيع أن يرتبط بمادة أساس أخرى وهذا يدل على درجة كبيرة من التخصص في عمل الإنزيمات .



شكل (٣ -٢)

٢/ طريقة الارتباط بالحفز **Induce-fit model**

وفي هذه الحالة يغير الإنزيم من شكله عند ارتباطه مع المادة الأساس ويصبح للموقع الفعال شكلاً مكملاً لشكل المادة الأساس فقط بعد ارتباطها شكل (٣ -٣) .

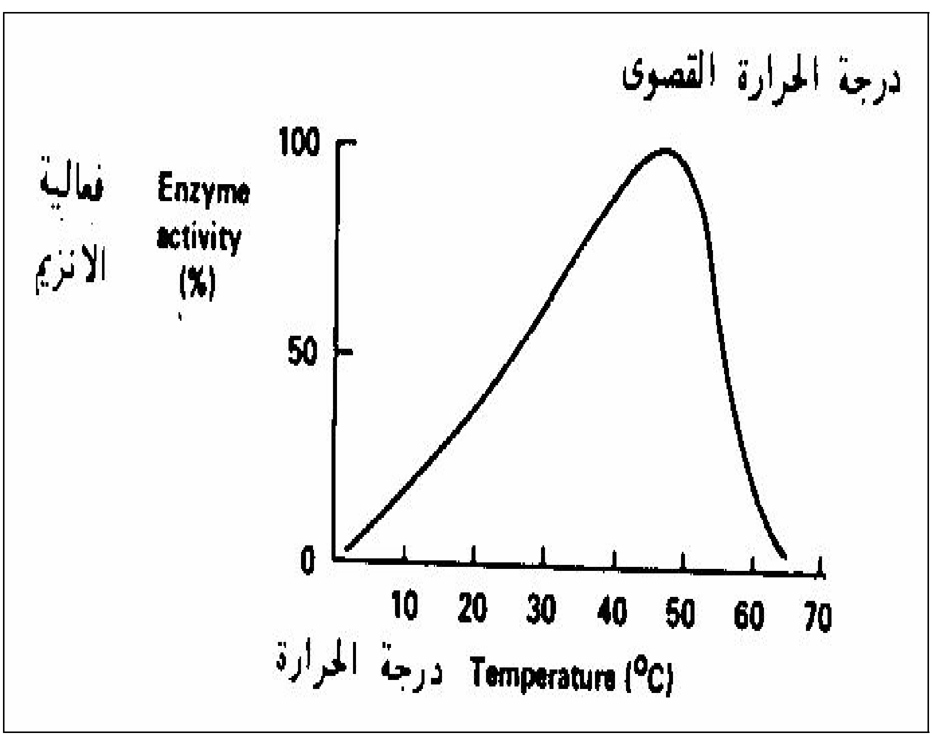


شكل (٣ -٣)

العوامل المؤثرة على درجة النشاط الإنزيمي والتفاعلات المحفزة بواسطة الإنزيمات

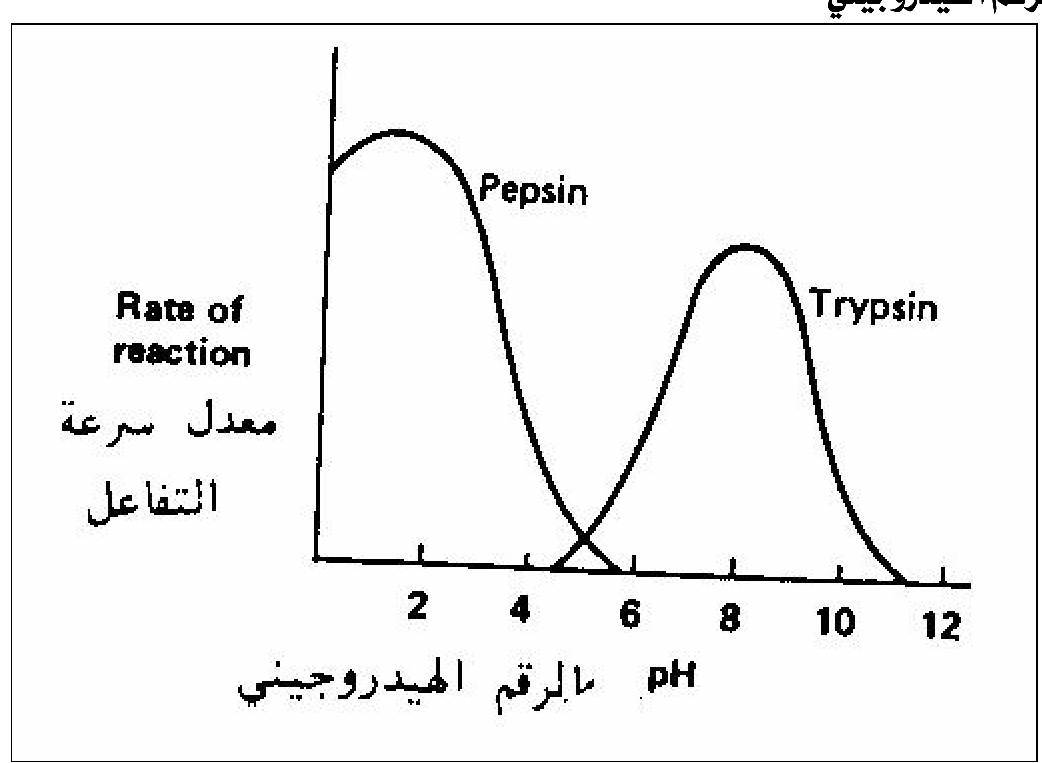
١ - درجة الحرارة

يزداد معدل سرعة التفاعل المحفز بالإنزيم كلما زادت درجة الحرارة والنشاط الإنزيمي يتضاعف لكل ١٠ درجات مئوية. يزداد نشاط الإنزيم حتى يصل قمة النشاط عند درجة ٣٧ درجة مئوية (درجة حرارة الجسم) ويقل النشاط الإنزيمي بعد درجة ٥٥ درجة مئوية بسبب تفكك الروابط الهيدروجينية .



شكل (٣ -٤)

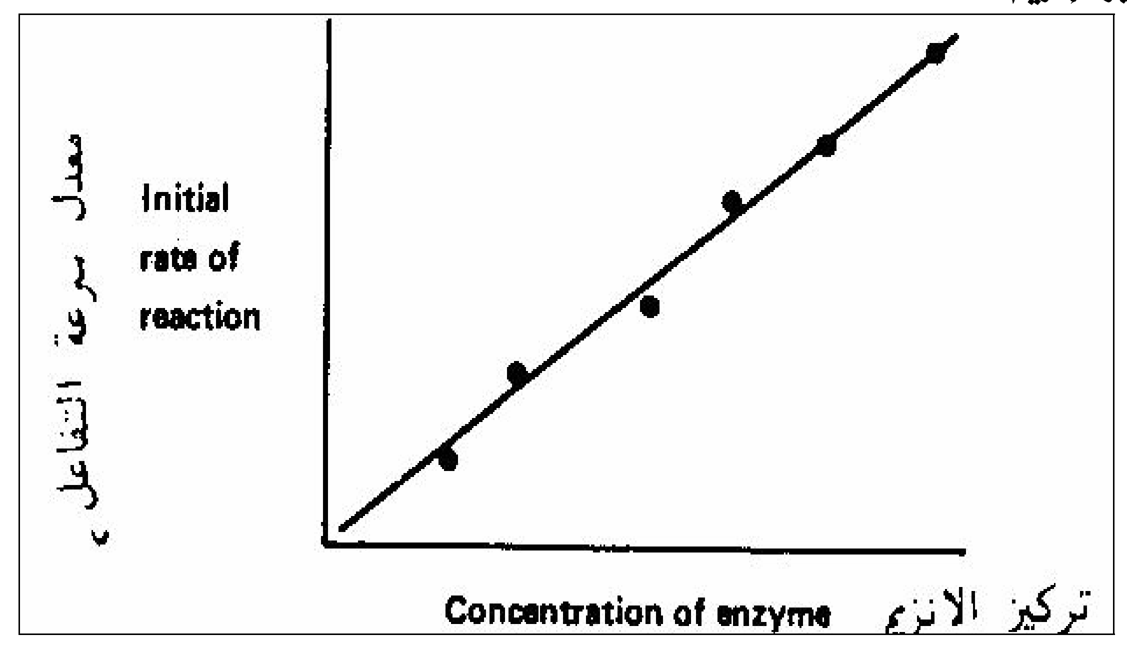
٢ - تأثير الرقم الهيدروجيني



شكل (٣ -٥)

لكل إنزيم رقم هيدروجيني (pH) عنده يبدي الإنزيم أقصى فعاليته ويسمى الرقم الهيدروجيني الأعظم pH optimum – يتراوح الرقم الهيدروجيني الأعظم بين ٥ – ٩ . مثال إنزيم الببسين له رقم هيدروجيني أعظم ٢ والتربسين ٨ .

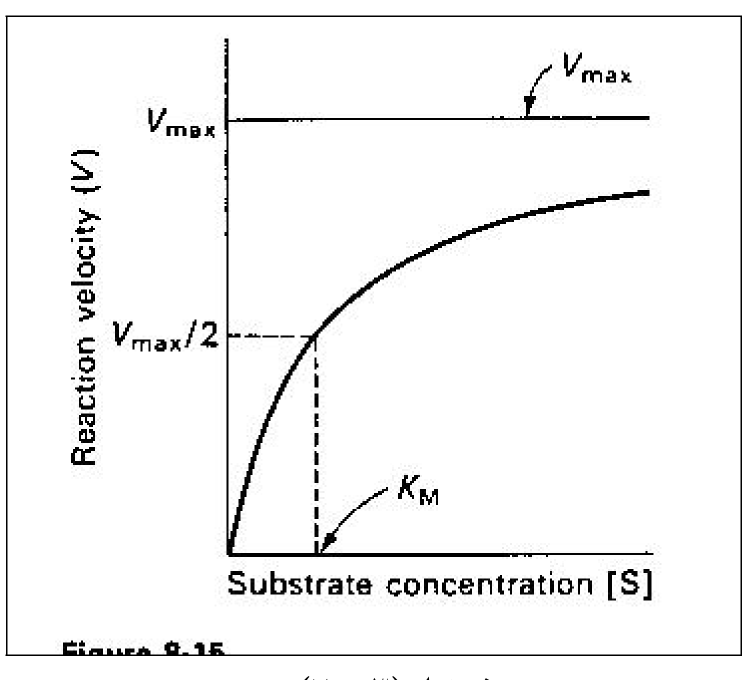
٣ - تركيز الإنزيم



شكل (٣ -٦)

زيادة تركيز الإنزيم مع بقاء تركيز المادة الأساس ثابتة فإن سرعة التفاعل تزداد كما هو موضح في الشكل .

٤ - تركيز المادة الأساس



شكل (٣ -٧)

مع ثبات تركيز الإنزيم نجد أن في التراكيز المخفضة للمادة الأساس سرعة التفاعل تزداد طردياً مع زيادة المادة الأساس ولكن بزيادة أكثر للمادة الأساس فإن سرعة التفاعل لاتزداد وتبقى ثابتة عند السرعة وتسمى السرعة القصوى Vmax .

افترض العالمان ميكاليس ومنتون Michaels – Menton أن الإنزيم E يتحد مع المادة الأساس S ليكون مركب معقد ES . ويكون التفاعل عكسياً وسريعاً ثم يتفكك المعقد ES بعد ذلك ليولد مرة أخرى الإنزيم وناتج التفاعل .

$$E + S \leftrightarrow ES \rightarrow E + P$$

معادلة ميكاليس ومنتون

$$V = \frac{Vmax\,[S]}{Km + [S]}$$

تركيز المادة الأساس = S

سرعة التفاعل = V

السرعة القصوى = Vmax وهي أقصى سرعة يمكن الحصول عليها عند تركيز ثابت للإنزيم وتركيزات عالية من المادة الأساس .

ثابت ميكاليس ومنتون = Km وهو تركيز مادة الأساس عند نصف السرعة القصوى .

مثبطات الإنزيمات Enzyme Inhibitors

هنالك كثير من المواد التي تثبط الإنزيمات وتقلل في السرعة الابتدائية للتفاعلات المحفزة بواسطة هذه الإنزيمات. وتعتمد طبيعة التثبيط على نوع الارتباط بين المثبط والإنزيم .

١ - التثبيط غير العكسي Irreversible Inhibition

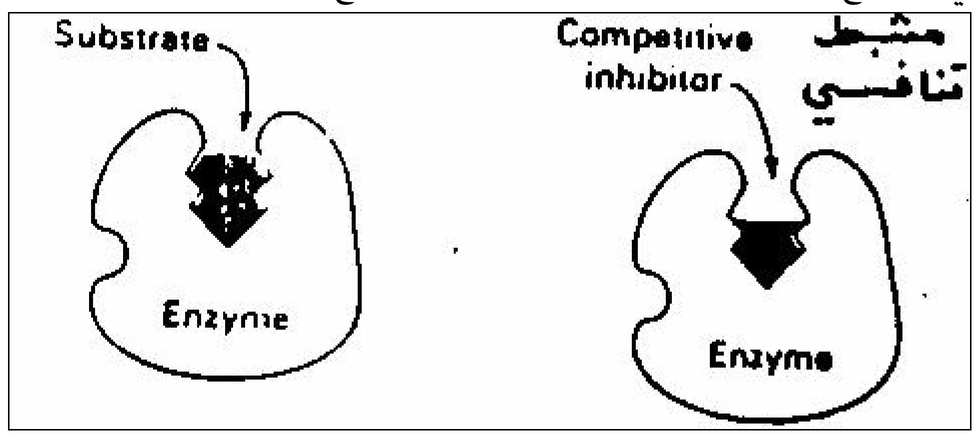
في هذه الحالة يرتبط المثبط إرتباطاً وثيقاً يصعب انفصاله إلى المنطقة الفعالة بالإنزيم مما يمنع ارتباط المادة الأساس ويفقد الإنزيم فعاليته. مثال لذلك مركب (DEP) وهو من مكونات غاز الأعصاب الذي يستخدم في الحروب وهو يؤثر على إنزيم الكولين استيريز ويسبب الشلل للإنسان والحيوان .

٢ - التثبيط العكسي Reversals Inhibition

في هذه الحالة يرتبط المثبط ارتباطاً يسهل انفصاله مع الإنزيم وهنالك نوعان من التثبيط العكسي : -

(أ) التثبيط التنافسي Competitive Inhibitor

وفي هذه الحالة يشابه المثبط التنافسي في تركيبه لتركيب المادة الأساس ويرتبط بالموقع الفعال للإنزيم مما يؤدي إلى منع المادة الأساس من الارتباط بنفس الموقع .

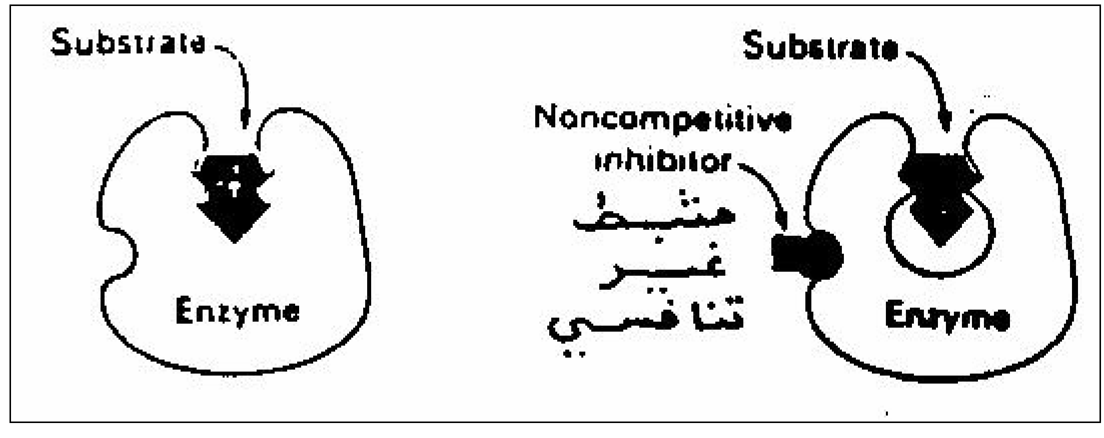


شكل (٣ -٨)

ويخفض المثبط التنافسي من سرعة التفاعل المحفز بواسطة الإنزيم وذلك بالإقلال من نسبة جزيئات الإنزيم التي ترتبط بها المادة الأساس لذلك عند زيادة كمية المادة الأساس يمكن أن يزال أثر ذلك المثبط – مثال لذلك الإنزيم سكسنيت ديهيدروجنيز (Succinate delydrogenasc) بواسطة المالونيت (Malonate) .

(ب) التثبيط غير التنافسي Noncompetitive Inhibition

وهو ارتباط المثبط إلى موضع في الإنزيم غير المنطقة النشطة .



شكل (٣ -٩)

هذا الارتباط يؤدي إلى تغير المنطقة الفعالة فلا يستطيع الارتباط مع المادة الأساس – مثال لذلك بعض الإنزيمات تحتاج لوجود بعض المعادن لنشاطها مثل الكالسيوم والماغنسيوم فهذه الإنزيمات تثبيط غير تنافسي بواسطة المواد التي تثبط الارتباط مع هذه المعادن .

الفرق الرئيس بين التثبيط التنافسي وغير التنافسي في حالة المثبط التنافسي يمكن إزالة هذا التثبيط بزيادة تركيز المادة الأساس أما في حالة التثبيط غير التنافسي فإن زيادة تركيز المادة الأساس لاتؤدي إلى إزالة التثبيط .

أسئلة : -

س١: عرف الإنزيم – وحدة الإنزيم – درجة النشاط النوعية .

س٢: ما هي العوامل المساعدة (Cofactors) وما هي المجموعة الرابطة Prosthetic group .

س٣: اذكر أهم استعمالات الإنزيمات .

س٤: اذكر العوامل التي تؤثر على النشاط الإنزيمي .

س٥: أكتب معادلة ميكاليس ومنتون مع تعريف للسرعة القصوى وثابت ميكاليس .

س٦: مع الرسم وضح معادلة ميكاليس ومنتون .

س٧: ما هو التثبيط التنافسي .

س٨: اذكر الفرق بين التثبيط التنافسي وغير التنافسي مع ذكر مثال لكل منهما .



الكيمياء الحيوية

السكريات (الكربوهيدرات)

السكريات (الكربوهيدرات)

٤



الجدارة : -

أن يكون المتدرب قادراً على معرفة الأنواع المختلفة للسكريات (الكربوهيدرات) وتركيبها الكيميائي وأهميتها .

الأهداف : - عندما تكمل هذه الوحدة تكون قادراً على أن : -

١ - تعّرف الكربوهيدرات .
٢ - تذكر فوائد الكربوهيدرات .
٣ - تعدد أقسام الكربوهيدرات .
٤ - تذكر الفعالية البصرية للسكريات الأحادية .
٥ - تبين التركيب الحلقي للسكريات الأحادية .
٦ - تبين تكوين الجلايكوسايدات .
٧ - تعدد أمثلة للسكريات الأحادية الخماسية .
٨ - تعدد أمثلة للسكريات الأحادية السداسية .
٩ - تعرّف السكريات الثنائية .
١٠ -تذكر أهمية (المالتوز – السكروز – اللاكتوز) .
١١ -تعدد أقسام السكريات العديدة .
١٢ -تبين الأنواع المختلفة من السكريات العديدة المتجانسة (ألفااميلوز – اميلوبكتن – جلايكوجين) .
١٣ -تبين الأنواع المختلفة من السكريات العديدة غير المتجانسة (حامض الهيال يورنيك – الهيبارين).

مستوى الأداء المطلوب : -

أن يصل المتدرب إلى الإتقان الكامل لهذه الجدارة بنسبة ١٠٠٪ .

الوقت المتوقع للتدريب : ساعتان .

السكريات (الكربوهيدرات) CARBOHYDRATES

تعريف الكربوهيدرات : -

هي عبارة عن الديهيدات أو كيتونات متعددة الهيدروكسل لها صيغة هي $(CH_2O)_n$.

فوائد الكربوهيدرات : -

١ - مصدر كبير للطاقة حيث ينتج عن تحللها وأكسدتها طاقة تستخدم في التفاعلات البيوكيميائية لجميع الكائنات الحية .

٢ - تخزن الطاقة الكيميائية المشتقة من الكربوهيدرات على شكل مركبات غنية بالطاقة مثل أدنوسين ثلاثي الفوسفات ATP وكوانسين ثلاثي الفوسفات GTP .

٣ - تدخل الكربوهيدرات في التركيب البنائي لجدار الخلية .

تصنيف الكربوهيدرات Classification of Carbohydrates : -

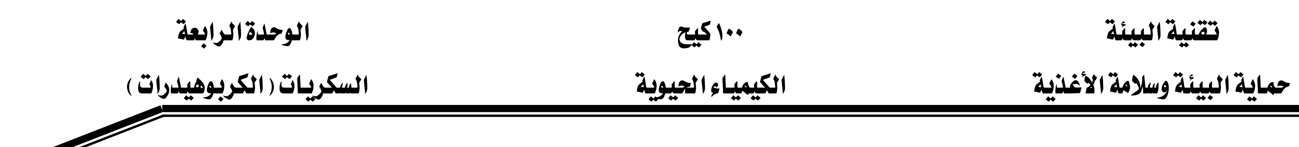
هنالك ثلاثة أصناف رئيسة لكربوهيدرات بناء على الوحدات البنائية التي يحتويها السكر .

١ - السكريات الأحادية Monosaccharides

وهي السكريات التي لايمكن أن تتحلل إلى وحدات أصغر منها بواسطة التحلل المائي وتسمى السكريات البسيطة أحياناً. وتشمل السكريات الثلاثية (تحتوي على ثلاث ذرات كربون) Trioses والرباعية Tetroses والخماسية Pentoses والسداسية hexoses .

تحتوي على مجموعة كربونيل تقع على ذرة كربون مرتبطة بها رابطة مزدوجة بينما بقية ذرات الكربون المرتبطة بروابط أحادية تحمل مجموعة هيدروكسيل .

يسمى السكر الأحادي عديد الهيدروكسي ألدهيدي إذا وجدت ذرة الكربونيل في نهاية سلسلة ذرات الكربون. أما إذا وجدت على إحدى ذرات الكربون الأخرى فتسمى عديد الهيدروكسي كيتوني (انظر شكل (٤ -١))



عديد الهيدروكسى الدهيدى — عديد الهيدروكسى كيتونى

شكل (٤ -١)

الفعالية البصرية للسكريات الأحادية Optical activity of monosaccharides : -

إذا احتوى المركب على ذرة كربون أو أكثر غير متناظرة Asymmetric فالمركب يكون فعالاً بصرياً opticallyactive كما هو الحال في السكريات الأحادية والأحماض الأمينية. وعليه فعندما تمر حزمة لضوء مستقطب من جهاز مقياس الاستقطاب Polarimeter على المحلول فإن شعاع الضوء المستقطب إما يدور يميناً فيكون المركب أيمن الدوران ويرمز له (+ أو D) أو يدور يساراً فيكون المركب أيسر الدوران ويرمز له (- أو L) .

السكر الثلاثي الألدهيدي جليسر الدهايد توجد به ذرة كربون واحدة غير متماثلة أو غير متناظرة asymmetric هي ذرة الكربون رقم ٢ والتي باستطاعتها تدوير الضوء المستقطب لذلك يوجد هذا المركب بشكلين أيسومرين stereo isomers هما D و L .

D-Glyceraldehyde (An aldose) — L-Glyceraldehyde (An aldose) — Dihydroxyacetone (A ketose)

شكل (٤ -٢)

التركيب الحلقي للسكريات الأحادية : -

أثبتت الدراسات أن السكريات توجد في الصورة الحلقية وتسمى الهمى اسيتال الحلقي Cyclic hemiacetal وأن السلسلة المفتوحة تعد ذات نسبة ضئيلة جداً في المحلول. الشكل الحلقي ينتج عنه متناظران بناء على ذرة الكربون رقم ١ في الجلوكوز الحلقي ، فإذا كانت مجموعة الهيدروكسيل إلى أسفل يطلق على المتناظر ألفا والعكس إذا اتجهت إلى أعلى يطلق عليه بيتا . شكل (٤ -٣) .

التدوير البصري لألفا يساوي ١١٢,٢ + بينما بيتا ١٨,٧ + .

شكل (٤ -٣)

ونفس الحال للفركتوز بناء على ذرة الكربون رقم ٢ هي التي تحدد المتناظرين . فإذا اتجهت مجموعة OH (الهيدروكسيل) إلى أسفل يطلق على المتناظر ألفا . أما إذا اتجهت إلى أعلى فيطلق عليه بيتا . شكل (٤ -٤) .

α-D-Fructofuranose   β-D-Fructofuranose

شكل (٤ -٤)

تكوين الجلايكوسايدات Glycosides Formation

الجلايكوسايدات هي مركبات ناتجة عن اتحاد السكريات الأحادية مع مجموعة الهيدروكسيل لمركب آخر بوجود حامض معدني كعامل مساعد. مثال لذلك: - يتفاعل محلول الفا – D جلوكوز مع الكحول الميثلي في درجة الغليان وبوجود ٠,٥٪ كلوريد الهيدروجين كعامل مساعد ليكون مزيجاً من ألفا – مثيل – D جلوكوسايد وبيتا - ميثيل - D – جلوكوسايد .

أمثلة للسكريات الأحادية

سكريات خماسية مثل الرايبوز (يدخل في تركيب الحامض النووي) والأرابنوز (يستخدم في عمليات اختبارات التخمر للكشف عن البكتيريا واللايوز (يدخل في تركيب اللايزوفلافين المعزول من العضلات القلبية) .

سكريات سداسية مثل D– جلوكوز (مصدر عظيم للطاقة التي تحتاجها الأنسجة وهو مصدر وقود للدماغ وكريات الدم الحمراء والجلد) -D– فركتوز (يتحول في الكبد والإمعاء إلى سكر الجلوكوز حيث يستفيد الجسم منه في العمليات الأيضية. -D– جلاكتوز (يتحول كذلك إلى سكر الجلوكوز في الكبد للعمليات الأيضية ويتم بناؤه في الغدة اللبنية لصنع سكر اللاكتوز في الحليب .

٢ - السكريات الثنائية Disaccharides

هي السكريات التي يمكن أن تتحل مائياً إلى وحدتين من السكريات الأحادية وهي من السكريات الشائعة في المملكة النباتية مثل سكر القصب والعنب كما أنها توجد في الحليب .

أمثلة للسكريات الثنائية

١ - المالتوز Maltose (سكر العنب)

يتكون المالتوز من جزئيتين من الجلوكوز مرتبطتين بواسطة رابطة جليكوسيدية ناتجة عن ترابط ذرة الكربون رقم (١) مع ذرة الكربون رقم (٤) في الجزء الآخر وينتج عن هذا الترابط فقد جزأي ماء .

Maltose
(α-D-Glucopyranosyl-(1→4)-
ذرة كربون)

شكل (٤ -٥)

ينتج المالتوز من هضم النشا النباتي والحيواني بواسطة إنزيم الأميليز الموجود في اللعاب والأمعاء ليعطي جزيئين من الجلكوز.

٢ - اللاكتوز Lactose (سكر الحليب)

يوجد فقط في الحليب ويمكن تحلله إلى جزئ جلوكوز وآخر جلاكتوز بواسطة إنزيم اللاكتيز الموجود في الأمعاء وهو إنزيم نشط لدى الأطفال الرضع .

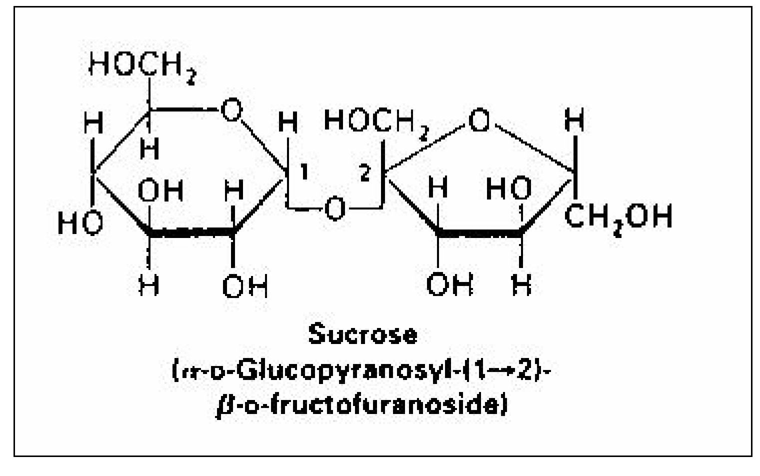
Lactose
(β-D-Galactopyranosyl-(1→4)-
α-D-glucopyranose)

شكل (٤ -٦)

كما أنه يعتبر من السكريات المختزلة .

٣ - السكروز Sucrose (سكر القصب)

يتحلل إلى جزئ جلوكوز آخر فركتوز بواسطة إنزيم السكريز ويطلق عليه أحياناً إنزيم إنفرتيز .



Sucrose
(α-D-Glucopyranosyl-(1→2)-
β-D-fructofuranoside)

شكل (٤ -٧)

يوجد إنزيم الانفرتيز في الأمعاء والسكروز حلو المذاق ويعتبر سكر غير مختزل .

٣ - السكريات العديدة Polysaccharides

هي عبارة عن سلاسل طويلة مستقيمة أو متشعبة Polymers ناتجة عن ترابط نوع واحد من وحدات سكر أحادي متكرر أو أكثر بواسطة رابطة جلايكوسيدية glycosidic bond مع حذف جزئية ماء .

تقسم السكريات العديدة إلى قسمين بناء على تركيبها الكيميائي : -

(أ) السكريات العديدة المتجانسة Homopolysaccharides

وهي سلاسل طويلة مكونة من نوع واحد من السكريات الأحادية ومن أمثلتها النشا النباتي والجلايكوجين (النشا الحيواني) .

(ب) السكريات العديدة غير المتجانسة Heteropolysaccherides

وهي سلاسل طويلة تحتوي على أكثر من نوع من وحدات السكر المتعدد مثل حامض الهايليورونيك Hyaluronic والهيبارين Heparin .

التركيب البنائي العام للسكريات العديدة المتجانسة :

(١) النشا النباتي : Starch

هو مخزون السكريات في البطاطس وفي بعض أنواع الحبوب كالقمح – يتألف النشا من الناحية التركيبية من شقين بناء على نوع التسلسل – فكلا الشقين مكونين من نفس الوحدات ويختلفان فقط في نوعية الترابط .

ألفا – أميلوز Amylose

وفيه ترتبط وحدات الجلوكوز بروابط جلايكوسيدية ألفا (1-4) تكون فيه وحدات الجلوكوز سلسلة خطية مستقيمة ، حيث يصل أحياناً وزنه الجزئي إلى مايقارب المليون كما أن هذا الجزء يذوب بسهولة في الماء. يتحلل بواسطة إنزيم ألفا أميليز إلى جلوكوز ومالتوز .

أميلوبكتن Amylopectin

وهو الشق الثاني الذي يدخل في تركيب النشا وهو الجزء المتفرع وترتبط فيه وحدات الجلوكوز بروابط مماثلة للأميلوز إلا أنه توجد بين هذه السلاسل تفرعات ناتجة عن روابط جلايكوسيدية – وزنه الجزئي يصل إلى عدة ملايين ويذوب بصعوبة في الماء الساخن – هنالك نوعان من الرابطة ألفا (1-4) وألفا (1-6). يتحلل بواسطة ألفا أميليز وألفا 6-1 جلوكوسيديز إلى جلوكوز ومالتوز .

٢ - الجلايكوجين Glycogen

يسمى النشا الحيواني ، ويوجد في أنسجة الحيوانات خاصة في الكبد والعضلات وهو يشبه الأمايلوبكتن من حيث التركيب ولكنه أكثر تفرعاً ، يحدث التفرع بين ٨ -١٢ وحدة جلوكوز – يبنى الجلايكوجين من ألفا D – جلوكوز مرتبطة بنوعين من الروابط الجلايكوسيدية وهما ألفا (1-4). يمد الجلايكوجين الجسم بما يحتاجه من طاقة عند أكسدته وفي هذه الحالة يحافظ الجسم على درجة حرارته كذلك هذه الطاقة مهمة للعمليات البيوكيميائية في الجسم خاصة الجهد العضلي والرياضة .

٣ - السليولوز Cellulose

أكثر المركبات العضوية انتشاراً على سطح الكرة الأرضية. يوجد في جدران الخلايا النباتية. التركيب الكيميائي للسليولوز هو عبارة عن وحدات متكررة من سكر D – جلوكوز مرتبطة برابطة بتا (1-4) β الجلايكوسيدية – الوزن الجزئي للسليولوز $5x10^4$ – $5x10^5$ لايستطيع الإنسان الاستفادة منه من الناحية الغذائية لعدم احتواء الجهاز الهضمي على إنزيم السيليوليز Cellulase الذي يحول السليولوز إلى

مالتوز وجلكوز ، لكن بعض البكتيريا والفطريات والطحالب تحتوي على هذا الإنزيم لتحول السليولوز إلى سكريات ثنائية (كذلك الحيوانات المجترة) .

٤ - الأنيولين Inulin

سكر متعدد مكون من وحدات من سكر الفركتوز مرتبطة مع بعضها برابطة بتا (2-1) β الجلايكوسيدية يكثر الأينولين في جذور بعض النباتات مثل الخرشوف والداليا .

٥ - الكايتين Chitin

سكر متعدد يحتوي على وحدات من سكر – N – استيل – D جلوكوز أمين مرتبطة برابطة بتا (1-4) β الجلايكوسيدية – يوجد في قشور الحيوانات القشرية كالسرطان والروبيان .

(ب) السكريات العديدة غير المتجانسة

لها وظائف متعددة ومتنوعة من حيث وجودها في الأنسجة الخلوية فهي تعمل على حماية الخلايا وتدخل في عمليات التنظيم والنقل الخلوي .

سكريات غير متجانسة تركيبية مثل : -

حامض الهيال يورنيك Hyaluronic acid

يوجد في الجلد وفي الغشاء الزجاجي للعين وفي السائل مابين المفاصل .

سكريات غير متجانسة غير تركيبية

من أمثلة ذلك الهيبارين Heparin وهو يبدي خواص مضادة للتخثر وهو منشط لإنزيم اللايبوبروتين لايبيز الذي يسرع فصل الأحماض الدهنية من الجلسريدات الثلاثية المرتبطة مع بروتين الدم.

أسئلة : -

س١ : عرّف الكربوهيدرات .

س٢ : اذكر ثلاثاص من فوائد الكربوهيدرات .

س٣ : ما هو أبسط السكريات وما هي الأقسام التي تشملها (التقسيم بعدد ذرات الكربون) .

س٤ : اذكر ثلاثة أمثلة للسكريات الأحادية الخماسية مع ذكر أهمية كل واحد منها .

س٥ : عرف الرابطة الجلايكوسايدية مع ذكر مثال لها .

س٦ : اذكر مثالين للسكريات الثنائية مع توضيح التركيب الكيميائي لهما .

س٧ : على أي صورة توجد السكريات مخزنة في الجسم للكائن الحي .

س٨ : لماذا لا يستفيد الإنسان من السليلوز .

س٩ : ماذا تعرف عن الأنيولين والكايتين .

س١٠ : ما هي السكريات العديدة غير المتجانسة .

س١١ : ما هو الفرق بين النشا النباتي والجلايكوجين .

س١٢ : اذكر نبذة قصيرة عن حامض الهيال يورنيك والهيبارين .

المملكـة العربيــة السـعودية
المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج



الكيمياء الحيوية

الدهون (الليبيدات)



الدهون (الليبيدات)



٥

الجدارة : -

أن يكون المتدرب قادراً على تبيين وظائف الدهون وأقسامها وتركيبها وأهميتها للكائن الحي .

الأهداف : - عندما تكمل هذه الوحدة تكون قادراً على أن : -

١ - تعّرف الدهون .
٢ - تعدد وظائف الدهون .
٣ - تبين أقسام الدهون .
٤ - تذكر أمثلة للدهنيات البسيطة .
٥ - تذكر أمثلة للدهنيات المركبة .
٦ - تذكر أمثلة للدهنيات المشتقة .
٧ - تبين الأهمية والوظائف للأقسام المختلفة للدهون .
٨ - تعّرف الأحماض الدهنية .
٩ - تذكر خواص الأحماض الدهنية .
١٠ -تذكر أمثلة للأحماض الدهنية المشبعة مع ذكر التركيب الكيميائي لها .
١١ -تذكر أمثلة للأحماض الدهنية غير المشبعة مع ذكر التركيب الكيميائي لها .

مستوى الأداء المطلوب : -

أن يصل المتدرب إلى الإتقان الكامل لهذه الجدارة بنسبة ١٠٠٪ .

الوقت المتوقع للتدريب : ساعتان .

الدهون (الليبيدات) LIPIDS

تعريف الدهون : -

هي مجموعة من المركبات العضوية غير المتجانسة لاتذوب في الماء ولكنها تذوب في المذيبات العضوية مثل الأستيون والكحول والإثير والكلورفورم والبنزين .

وظائف الدهون : -

للدهون وظائف عديدة ولكن من أهمها : -

١ - تعد الدهون مصدراً كبيراً للطاقة (أكسدة واحد جرام من الدهن تنتج ٩ كيلو سعر/ جم. الكربوهيدرات ٤ والبروتينات ٥,٥ كيلو سعر/ جم) .

٢ - البروتينات الدهنية Lipoproteins هي عناصر تركيبية لأغشية الخلية كالنواة والمايكروسوم والمايتكوندريا وهي المسؤولة عن نقل الدهون في الدم .

٣ - تعد الدهون مواد واقية على سطح كثير من الكائنات الحية .

٤ - تعد الدهون منشطات Activators لبعض الإنزيمات مثل إنزيم مونواكسجنيز Monooxgenac

٥ - تلعب الدهون المفسفرة (Phospholipids) دوراً مهماً في نظام نقل الإلكترونات من الخلية Electrun transport system ..

أقسام الدهون Lipid classification : -

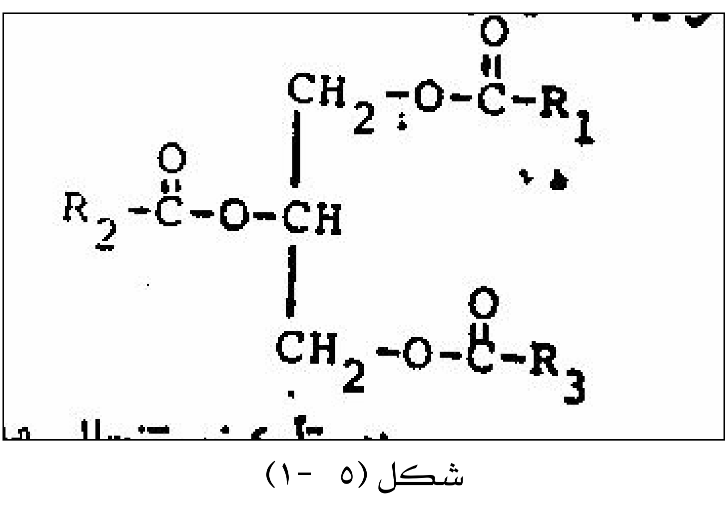
تقسم الدهون إلى ثلاثة أقسام

١ - الدهون البسيطة (الليبيدات البسيطة) (Simple lipids)

تقسم الدهون إلى نوعين : -

(أ) الدهون (الشحوم) وهي عبارة عن استرات الأحماض الدهنية مع الجليسرول وتوجد في الحالة الصلبة عند درجة حرارة الغرفة – أما الزيوت النباتية فتوجد في الحالة السائلة عند درجة حرارة الغرفة نسبة لاحتوائها على نسبة كبيرة من الأحماض الدهنية غير المشبعة .

(ب) الشموع وهي استرات الحموض الدهنية مع مركبات كحولية عالية الوزن الجزيئي مثال لذلك شمع النحل .



شكل (٥ -١)

(ثلاثي اسيل الجليسرول)

مثال للدهون البسيطة

٢ - الدهون المركبة Compound lipids

وتتكون من أحماض دهنية مرتبطة ببعض المركبات الكحولية (كالجليسرول) بروابط ايسترية بالإضافة إلى وجود بعض المركبات الكيميائية الأخرى من أهمها : -

١ - الدهون الفوسفاتية : -

تتميز بوجود حمض الفوسفور وبعض العناصر الأخرى مثل النتروجين بالإضافة إلى الأحماض الدهنية والكحول مثال للدهون الفوسفاتية : -

حمض الفوسفاتيك: يتركب من اثنين من الأحماض الدهنية مرتبطين بالجليسرول بالإضافة لوجود حمض الفوسفور – يعد مادة وسطية مخصصة للبناء الحيوي لثلاثي اسيل الجليسرول . أمثلة أخرى للدهون الفوسفاتية الفوسفا تيديل كولين والفوسفا تيديل سيرين وهي مركبات مهمة للأغشية الخلوية والأنسجة الدماغية والعصبية .

٢ - الدهون السكرية GlycoLipids

هي استرات الحموض الدهنية مع مركبات كحولية وتحوي مجموعة كربوهيدرات بدلاً من المجموعة الفوسفاتية – الأحماض الدهنية الموجودة ذات أوزان جزيئية عالية. مثال للدهون السكرية السيربروسايد Cerebroside وهي المكونات الرئيسة للأغلفة الدماغية والنخاع الشوكي والخلايا العصبية .

٣ - الدهون البروتينية Lipoproteins

مجموعة من الجزيئيات ناتجة عن اتحاد بعض الدهون مع البروتينات – مثال ذلك الدهون البروتينية ذات الكثافة العالية High density lipoprotien والدهون البروتينية ذات الكثافة المخفضة Low density lipoprotein وتقوم بنقل الكوليسترول إلى الخلايا .

٣ - الدهون المشتقة Derived lipids : -

تنتج من تحلل الجليسريدات الثلاثية والدهون الفوسفاتية والدهون السكرية مثال ذلك الأحماض الدهنية المشبعة والاستيرويدات كالكوليسترول الذي يعد مصدراً رئيساً لعديد من المركبات مثل أحماض الصفراء التي تساعد في هضم الدهون ، كذلك يكون مصدراً لبعض الهرمونات الجنسية المذكرة والمؤنثة .

- ينتشر الكوليسترول في معظم أنسجة الحيوانات خاصة النسيج العصبي والمشحمي .
- الخلايا الحية تقوم بتصنيع الكوليسترول في مركبات صغيرة .
- يمكن الحصول على الكوليسترول في بعض الأغذية كالكبد والمخ والبيض .

الأحماض الدهنية Fatty acids

لدراسة التركيب الكيميائي للدهون (من مصادر نباتية أو حيوانية) لابد من إلقاء الضوء على ماهية الأحماض الدهنية لأنها تدخل في تركيب الكثير من المركبات الدهنية كالجليسريدات الثلاثية والدهون الفوسفاتية .

بعض الخواص العامة للأحماض الدهنية

١ - هـي أحمـاض أليفاتيـة طويلـة السلسـلة ، أحاديـة الكربوكسـيل Monocarboxylic صـيغتها التركيبية العامة (R-CooH) .

٢ - تكـون عـدد ذرات الكربـون للحـامض الـدهني زوجيـاً في الغالـب ويـتراوح مـن ٤ – ٢٤ ذرة كربون.

٣ - تكون الأحماض الدهنية مشبعة أو غير مشبعة (لها درجات انصهار أقل من المشبعة) .

٤ - القاعدة العامة لكتابة الأحماض الدهنية هـي كتابة عدد ذرات الكربون ثم عدد الروابط المزدوجة مثال حامض الأوليك (١٨:١) .

٥ - الأحماض الدهنية الأساسية هي الأحماض الدهنية التي لايمكن بناؤها داخل الجسم ويجب توفرها عن طريق الغذاء اليومي تكون غير مشبعة مثال حمض لينوليك (١٨:٢) .

أمثلة للأحماض الدهنية Fatty acids

أحماض دهنية مشبعة Saturated fatty acids

	عدد ذرات الكربون		الاسم الشائع		التركيب الكيميائي
(12:0)	١٢ ←	←	لوريك	←	$CH_3(cH_2)_{10}$ cooH
(16:0)	١٦ ←	←	بالمتك	←	$CH_3(cH_2)_{14}$ cooH
(18:0)	١٨ ←	←	ستيرك	←	$CH_3(cH_2)_{16}$ cooH
(20:0)	٢٠ ←	←	ارشدك	←	$CH_3(cH_2)_{18}$ cooH

(ب) أحماض دهنية غير مشبعة Unsaturated fatty acids

	عدد ذرات الكربون		الاسم الشائع		التركيب الكيميائي
(16:1)	١٦ ←	←	بالمتيولك	←	$CH_3(cH_2)_5$ cH=cH$(cH_2)_7$ cooH
(18:1)	١٨ ←	←	أوليك	←	$CH_3(cH_2)_7$ cH=cH$(cH_2)_7$ cooH
(18:2)	١٨ ←	←	لانوليك	←	$CH_3(cH_2)_4$ cH=cH-cH_2-cH=cH$(cH_2)_7$ cooH

أسئلة : -

س١: عرّف الدهون (الليبيدات) .

س٢: اذكر ثلاث من وظائف الدهون .

س٣: ما هو الفرق بين الدهون الحيوانية والزيوت النباتية وأيهما أصلح كمصدر غذائي للإنسان ؟

س٤: اذكر ثلاثة أمثلة للدهون الفوسفاتية مع ذكر أهم وظائفها .

س٥: اذكر مثالاً للدهون السكرية مع ذكر الأهمية الحيوية لهذا المركب .

س٦: ما هو الدهن البروتيني ذو الكثافة المنخفضة Low density lipoprotein ؟

س٧: اذكر نبذة قصيرة عن الكوليسترول كمثال للدهون المشتقة .

س٨: اذكر ثلاث من الخواص العامة للأحماض الدهنية .

س٩: اذكر الأسماء الشائعة لهذه الأحماض الدهنية : -

١ - 16:0
٢ - 18:1
٣ - 18:2
٤ - 20:0

س١٠: ما هي الأحماض الدهنية الأساسية واذكر مثالاً لها .

س١١: اذكر التركيب الكيميائي لحمض الاستيريك .



المملكـــة العربيـــة الســـعودية

المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

الكيمياء الحيوية

الفيتامينات



الفيتامينات

٦

الجدارة : -

أن يكون المتدرب قادراً على تعريف الفيتامينات وتقسيمها ومصادرها والأمراض التي تنشأ من نقصها .

الأهداف : - عندما تكمل هذه الوحدات تكون قادراً على أن : -

١ - تعّرف الفيتامينات .

٢ - تذكر أهمية الفيتامينات .

٣ - تصنّف الفيتامينات .

٤ - تبين الفيتامينات الذائبة في الماء .

٥ - تبين الفيتامينات الذائبة في الدهون .

٦ - تذكر فيتامين B المعقد وأنواعه المختلفة ، مصادره الاحتياج اليومي له وأعراض نقصه .

٧ - تذكر فيتامين C الإسم العلمي له ، مصادره ، الاحتياج اليومي له وأعراض نقصه .

٨ - تذكر فيتامين A الاسم العلمي له ، مصادره ، الاحتياج اليومي له وأعراض نقصه .

٩ - تذكر فيتامين E الاسم العلمي له ، مصادره ، الاحتياج اليومي له وأعراض نقصه .

١٠ -تذكر فيتامين D الاسم العلمي له ، مصادره ، الاحتياج اليومي له وأعراض نقصه .

١١ -تذكر فيتامين K الاسم العلمي له ، مصادره ، الاحتياج اليومي له وأعراض نقصه .

مستوى الأداء المطلوب : -

أن يصل المتدرب إلى الإتقان الكامل لهذه الجدارة بنسبة ١٠٠٪ .

الوقت المتوقع للتدريب : ساعتان .

الفيتامينات VITAMINS

تعريف الفيتامينات : -

هي مركبات عضوية ذات صيغ تركيبية مختلفة متواجدة بكميات قليلة في مختلف الأغذية الطبيعية (النباتية أو الحيوانية) ويجب توفرها في غذاء الإنسان لما لها من فوائد كالحفاظ على معدل النمو الطبيعي .

ونلاحظ أن الاحتياجات للفيتامينات تكون بكميات قليلة لأنها لا تستعمل في وظائف تركيبية أو لإنتاج الطاقة بشكل مباشر لكنها تدخل كمواد منظمة لعمليات حيوية مهمة كالنمو وإنتاج الطاقة.

أهمية الفيتامينات : -

١ - تستخدم لأغراض الإنتاج والنمو وعندما يفقد الكائن الحي قابليته على تصنيعها يتوجب تزويده بها عن طريق الغذاء اليومي .
٢ - إن معظمها يتحول داخل الجسم إلى مساعدات الإنزيمات Coenzymes وعلى الخصوص الفيتامينات الذائبة في الماء حيث تشارك في عمليات التحفيز .
٣ - عند غياب الفيتامينات عن الجسم ، فإن هنالك تفاعلات إنزيمية معينة تتباطأ أو تتعدم فيتولد عن ذلك أعراض مرضية .

تصنيف الفيتامينات Classification of Vitamins : -

تصنف الفيتامينات إلى صنفين أساسيين : -

١ - الفيتامينات الذائبة في الماء

(أ) وتشمل فيتامين B المعقد (فيتامين B_1 الثيامين ، B_2 (الرايبوفلافين) النياسين ، حامض البانتوثنيك ، البيريدوكسين B_6 ، البيوتين ، حامض الفوليك و B_{12} .

(ب) فيتامين C (حامض الأسكوربيك) .

٢ - الفيتامينات الذائبة في الدهون : -

وهي توجد مصاحبة للدهون الموجودة في الأطعمة الطبيعية ، أهم ما يميزها أنها تخزن في الجسم بكميات لا تظهر أعراض نقصها في الغذاء إلا بعد فترة طويلة (عدة أسابيع) .

تشمل هذه الفيتامينات (A, E, D, K) .

(١) الفيتامينات الذائبة في الماء

فيتامين B وفيتامين C جدول (٦ -١)

اسم الفيتامين	الاسم العلمي (الكيميائي)	المصدر	الاحتياج اليومي (مليجرام)	أعراض نقصه الأمراض التي تنشأ من عدم توفره
B_1	الثيامين Thiamin	الخبز (الأرز) اللحوم، الحليب ، الخضر	١,٥	مرض البريبري (إلتهاب الأعصاب وضعفها وعدم انتظام الحركة) .
B_2	الرايبوفلافين Riboflavin	الخضر ، اللحوم ، البيض ، الكبد	١,٧	تشقق الجلد والشفتين . التهاب قرنية العين وكثرة الدموع
النياسين	النياسين Niacin	الكبد ، الكلى ، البقول ، البيض	٢٠	مرض البلاجرا (قساوة الجلد) .
حامض البانتوثيك	حامض البانتوثيك Pantothenic acid	الخميرة ، الكبد ، البيض ، الحليب	١٠	تعجيل ترسيب كريات الدم الحمراء ومرض داء الثعلبة .
B_6	البيريدوكسين Pyridoxine	الخميرة ، صفار البيض ، الأسماك	٢	اضطرابات الجهاز العصبي المركزي . أمراض جلدية وضعف عام .
البيوتين	البيوتين Biotin	الكبد ، صفار البيض ، الكلية ، الحليب	٠,٣	تقشر الجلد ، إعياء شديد ، فقدان شهية آلام عضلات ، فقر دم .
حامض الفوليك	حامض الفوليك Folic acid	الخضر ، اللحوم ، الخميرة ، البيض	٥٠	نمو خلايا الدم الحمراء (نوع من أنواع فقر الدم في نخاع العظام) .
B_{12}	سيانوكوبال أميني Cyanocobal amine	الكبد ، الحليب ، اللحوم ، الجبن	٠,٠٠٥	فقر الدم الخبيث
فيتامين C	حامض الأسكوربيك Ascorbic acid	الفواكه الحمضية، الطماطم ، الخضروات الطازجة.	١٠ -١٥٠	مرض الاسقربوط (نزف الدم وتشقق اللثة وتشوه الأسنان)

(٢) الفيتامينات الذائبة في الدهون

فيتامين A ، فيتامين E ، فيتامين D ، فيتامين K

جدول (٦ -٢)

اسم الفيتامين	الاسم العلمي (الكيميائي)	المصدر	الاحتياج اليومي (مليجرام)	أعراض نقصه الأمراض التي تنشأ من عدم توفره
فيتامين A	الريتنول Ritinol	البيض ، الكبد ، الحليب، الأسماك	٠,٧٥	مرض العمى الليلي كذلك جفاف الجلد والعين
فيتامين **E**	ألفا -توكوفيرول λ- Tocopherol	الذرة ، فول الصويا ، اللحم ، البيض ، السمك، الدجاج	١٤	ضمور العضلات العقم عند الحيوانات
فيتامين **D**	كالسيفرول (D_2) Calciferol	الأسماك ، البيض ، الزبدة، الكبدة	٠,١	مرض الكساح عند الأطفال انخفاض معدل الكالسيوم والفوسفات في الجسم
فيتامين K	فيالوكونيون (K_1) Phylloquinone	الخضروات الورقية ، الكبد ، الحبوب ، البقول	٠,١	التأخير في تخثر الدم (تجلط الدم) ومرض الرعاف .

أسئلة : -

س١: عرّف الفيتامينات .

س٢: اذكر ثلاث من فوائد الفيتامينات .

س٣: ماذا يحدث عند نقص حامض الفوليك وفيتامين B_1 (الثيامين) ؟

س٤: ما هي أهمية فيتامين C . ماذا يسمى المركب الفعال الذي يمتصه الجسم ؟

س٥: ما هي مصادر فيتامين B_6 (البيريدوكسين) ؟

س٦: ماذا يسبب نقص النياسين ؟

س٧: بماذا تميز الفيتامينات الذائبة في الدهون ؟

س٨: ما هي صورة (المركب الكيميائي) الذي يوجد فيه فيتامين A في الخضروات وكيف يتحول إلى فيتامين A في معدة الحيوانات ؟

س٩: اذكر أهمية فيتامين D . ما هو الاسم العلمي لفيتامين D_2 ؟

س١٠: ما هو الاسم العلمي (المركب الكيميائي) لفيتامين K_1 .

س١١: لماذا يحتاج الجسم إلى كميات ضئيلة من الفيتامينات ؟



المملكـــة العربيـــة الســـعودية
المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

الكيمياء الحيوية

الأيض

الأيض





الجدارة : -

أن يكون المتدرب قادراً على تعريف الأيض وتبين أهميته وطريقة عمله .

الأهداف : - عندما تكمل هذه الوحدة تكون قادراً على أن : -

١ - تعّرف الأيض .

٢ - تبين أيض الدهون .

٣ - هدم وبناء ثلاثي أسيل الجليسرول (تحليل وأكسدة – وبناء ثلاثي أسيل الجليسرول) .

٤ - هدم وبناء الأحماض الدهنية (أكسدة وبناء الأحماض الدهنية) .

٥ - هدم وبناء الدهون الفوسفاتية والكوليسترول .

٦ - تبين أيض السكريات (الكربوهيدرات) .

٧ - تبين وتعدد عمليات أيض السكريات مثل الجلايكوليسيز ودورة كربس والجلوكوجيز ومسار الفوسفو جلوكنيت .

٨ - تفرّق بين مسارات الهدم (التكسير) والبناء .

٩ - تبين الوظائف الأيضية للأحماض الأمينية .

١٠ -المسار الهدمي (التكسير) للأحماض الأمينية .

١١ -المسار البنائي للأحماض الأمينية .

١٢ -تبين المسار العام لأيض الدهون والسكريات والأحماض الأمينية .

مستوى الأداء المطلوب : -

أن يصل المتدرب إلى الإتقان الكامل لهذه الجدارة بنسبة ١٠٠٪ .

الوقت المتوقع للتدريب : ساعتان .

الأيض METABOLISM

تعريف الأيض : -

هو مجموعة من التفاعلات الكيميائية التي تتم في خلية الكائن الحي. ويقسم الأيض إلى عملية البناء Anabolism وهو عملية بناء الجزيئيات الكبيرة من الجزيئيات الصغيرة لغرض المحافظة على تركيب الأنسجة. أما عملية الهدم (التكسير) Catabolism فهي عملية تكسير الجزيئيات الكبيرة إلى جزيئيات صغيرة للاستفادة منها في عملية البناء وللحصول على الطاقة بشكل ATP .

أيض الليبيدات (الدهون) lipid metabolism : -

١ - تحليل ثلاثي أسيل الجليسرول إلى الأحماض الدهنية .
٢ - أكسدة الأحماض الدهنية .
٣ - أكسدة الدهون الفوسفاتية .
٤ - بناء الأحماض الدهنية .

الليبيدات والتي تضم المركبات السابقة الذكر سواء الجليسريدات الثلاثية (الدهون المتبادلة) أو الدهون الفوسفاتية (الدهون القطبية) أو الاستيرويدات أو المركبات الناتجة عن تحللها مثل الأحماض الدهنية أو الجليسرول لها أهمية بيولوجية كبيرة في الكائنات الحية وخاصة الإنسان والحيوان .

فمثلاً الجليسيريدات الثلاثية تعتبر من المصادر الرئيسة للطاقة في جسم الإنسان والحيوان ويمكن تخزينها في الخلايا الدهنية بكميات كبيرة واستخدامها وقت الحاجة .

١ - أكسدة ثلاثي أسيل الجليسرول (عمليات التكسير للحصول على الطاقة)

الجليسيردات الثلاثية (الدهون المعادلة) والتي تخزن في الأنسجة الدهنية بكميات كبيرة لها أهمية كبرى في إمداد الجسم بالطاقة. ولكي يحصل الجسم على هذه الطاقة والتي هي موجودة في الأحماض الدهنية المرتبطة بالجليسرول لابد من تحلل هذه الجليسريدات الثلاثية إلى مكوناتها الأساسية وهي الأحماض الدهنية والجليسرول – عملية تحلل هذه المركبات تتم بواسطة بعض الإنزيمات التي تؤثر على الروابط الأسترية مثل إنزيم الليبيز والذي يكون في العديد من خلايا الجسم – ويقوم بعملية التحلل كما تبينه المعادلة التالية : -

$$\begin{array}{l} CH_2-O-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-R_1 \\ R_2-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-CH \\ CH_2-O-\underset{O}{\underset{\|}{C}}-R_3 \end{array} + 3H_2O \xrightarrow[\text{Lipase}]{\text{الليبيز}} \begin{array}{l} CH_2OH \\ CHOH \\ CH_2OH \end{array} + \begin{array}{l} R_1-COOH \\ R_2-COOH \\ R_3-COOH \end{array}$$

الجليسريدات الثلاثية   الجليسرول   أحماض دهنية حرة

شكل رقم (٧ -١)

أكسدة ثلاث أسيل الجليسيرول (عمليات التكسير للحصول على الطاقة)

بعد ذلك تتم أكسدة هذه الأحماض الدهنية الحرة سواء المشبعة أو غير المشبعة ، ذات السلاسل الطويلة داخل الخلايا إلى مركبات صغيرة تسمى الأسيتايل كو إنزيم Acetyl-COA (بواسطة العديد من الإنزيمات المتخصصة في أكسدة الأحماض الدهنية) وينتج عنها كمية كبيرة من الطاقة الكيميائية.

والتفاعلات التالية توضح أكسدة الحمض الدهني حمض البالمتك وهو من الأحماض الدهنية المشبعة : -

$$CH_3(CH_2)_{11}-CH_2-CH_2-CH_2-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH$$

$$\downarrow ①$$

$$CH_3(CH_2)_{11}-CH_2-CH_2-CH_2-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-S-CoA$$

$$\downarrow ②$$

$$CH_3(CH_2)_{11}-CH_2-\overset{H}{\overset{|}{C}}=\underset{H}{\underset{|}{C}}-\underset{O}{\underset{\|}{C}}-S-CoA$$

$$\downarrow ③$$

$$CH_3(CH_2)_{11}-CH_2-\overset{OH}{\overset{|}{C}}-CH_2-C-S-CoA$$

$$\downarrow ④$$

$$CH_3(CH_2)_{11}-CH_2-\overset{H}{\overset{|}{C}}-CH_2-\underset{O}{\underset{\|}{C}}-S-CoA$$

$$\downarrow ⑤$$

$$CH_3(CH_2)_{11}-\underset{O}{\underset{\|}{C}}-S-CoA + CH_3-\underset{O}{\underset{\|}{C}}-S-CoA$$

ميرستول كوانزيم A   أسيتايل كوانزيم A

شكل رقم (٧ -٢)

أكسدة الحمض الدهني (حمض البالمتك)

إن المسار الرئيس لتكسير الأحماض الدهنية هو أكسدة بتا β-oxidation وهو مسار يتم فيه حذف وحدتين في الكربون .

كما هو مبين من الشكل فإن أكسدة حمض البالمتك تتم بواسطة بعض الإنزيمات سنذكر باختصار دور كل منها : -

الإنزيم رقم –١ - يقوم بتحويل الحمض الدهني إلى مركب دهني نشط .

الإنزيم رقم –٢ - يقوم بنزع ذرتي هيدروجين من ذرتي الكربون رقم ٢ و ٣ في الحمض الدهني النشط .

الإنزيم رقم –٣ - يقوم بإضافة جزيء ماء .

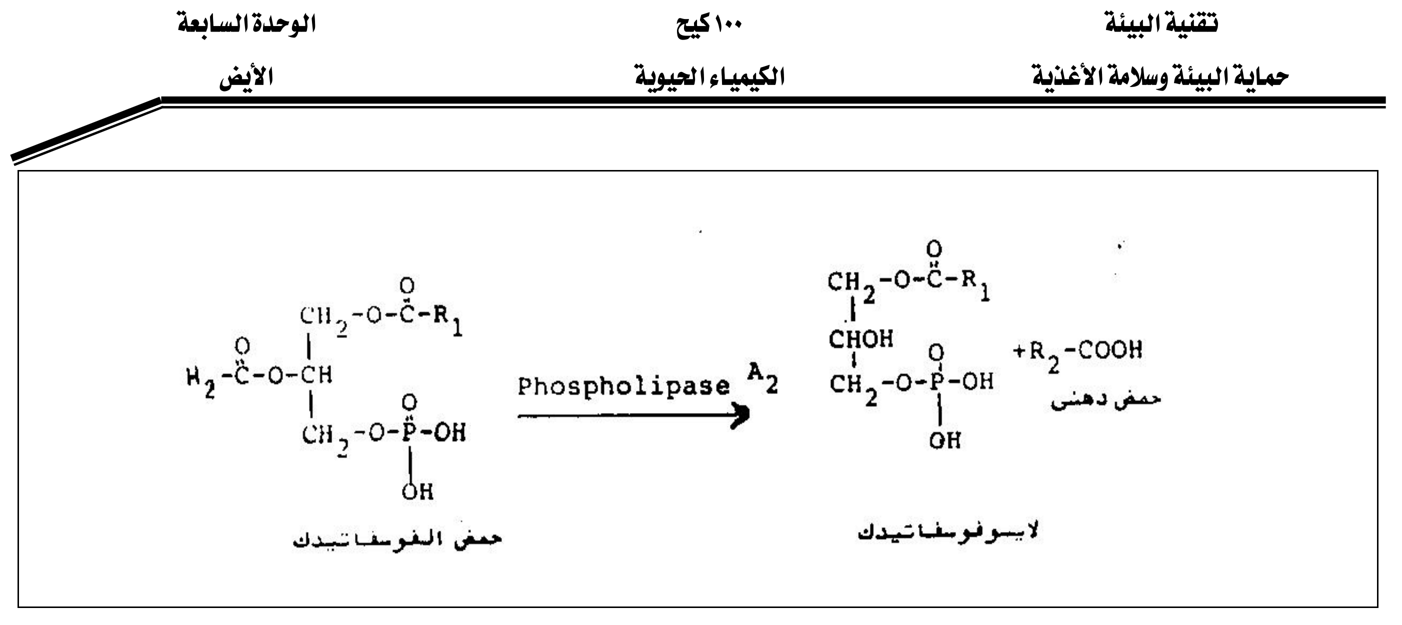
الإنزيم رقم –٤ - يقوم بنزع ذرتي هيدروجين من ذرة الكربون رقم ٢ .

الإنزيم رقم –٥ - يقوم بشطر المركب الدهني إلى مركب يحتوي على ذرتي كربون وهو استيل كو إنزيم ومركب آخر (المتبقي) أقل بذرتي كربون عن المركب الأول الذي دخل عملية الأكسدة وهو حمض البالمتك. هذا المركب يدخل في التفاعل الثاني من جديد وهكذا يأخذ نفس الدورة لينتج المركب الذي يحتوي على ذرتي كربون وبهذه الطريقة يحتاج حمض البالمتك إلى سبع دورات وينتج عنه ثمانية مركبات من الأستايل كو إنزيم – بهذه الطريقة الإنزيمية تتم أكسدة الأحماض الدهنية المشبعة وبطريقة مشابهة الأحماض الدهنية غير المشبعة .

هنا تجدر الإشارة إلى أن خلايا الجسم في الإنسان والحيوان تستطيع بناء هذه الأحماض الدهنية بصورة نشطة جداً وذلك لقدرتها على تخزين هذه الأحماض الدهنية بكميات كبيرة بعد اتحادها بالجليسرول في الخلايا الدهنية في أجزاء مختلفة من الكائن الحي. بناء الأحماض الدهنية يتم بواسطة إنزيمات مختلفة عن تلك المسؤولة عن أكسدتها وتفككها وأهم مصادر بناء الأحماض الدهنية هو حمض المالنيت .

٢ - أكسدة الدهون الفوسفاتية : -

الدهون الفوسفاتية مثل الفوسفاتيديل كولين والفوسفاتيديل إيثانول أمين (الدهون القطبية) والتي تحتوي على حمضين دهنيين وحمض الفوسفور ومركبات أخرى مثل الكولين والإيثانول أمين تتحلل إلى مكوناتها الأساسية (الأولية) بواسطة بعض الإنزيمات المتخصصة على الدهون الفوسفاتية (راجع الإنزيمات) مثل الفوسفوليبيز phospholipase A_2 كما يلي : -



شكل رقم (٧ -٣)

أكسدة الدهون الفوسفاتية

بعد ذلك تتأكسد الأحماض الدهنية وتتحول إلى مركبات صغيرة ويحصل الجسم نتيجة لهذه الأكسدة على كمية معينة من الطاقة الكيميائية .

بناء الأحماض الدهنية : -

١ - يعد الأسيتايل CoA المادة الأولية لبناء الأحماض الدهنية .

٢ - تتم عدة خطوات وتدخل في عملها إنزيمات وخاصة (Fatty acid synthetasc) ويكون فيهما عمليات تكثيف واختزال وإزالة ماء واختزال مرة أخرى حيث ينتج الحمض الدهني (مثال حمض البالمتك) ..

Actyl CoA ⟶ palmitoyl CoA

٣ - يتم بناء الأحماض الدهنية في الساتيوسول بينما يتم التكسير في الماتيوكوندريا

٤ - بناء الثلاثي أسيل الجليسرول يتم في السايتوبلازم والمادة الأولية لصناعته هي جليسرول –٣ - فوسفيت .

٥ - يتم بناء الدهون المفسفرة في الأغشية الخلوية حيث تكون هنالك إنزيمات مسؤولة عن البناء .

٦ - يتم البناء الحيوي للكوليسترول في الساتيوبلازم وأكثر الأعضاء التي يتم فيها بناء الكوليسترول هي الكبد ويعد اسيتايل CoA هو المصدر الرئيس للبناء .

أيض (استقلاب) السكريات Carbohydrate Metabolism : -

كما أسلفنا تعتبر السكريات من الصادر الرئيسة للطاقة في أجسام الكائنات الحية, ويتم تمثيلها وتصنيفها في النبات بعملية التمثيل الضوئي أما في الإنسان والحيوان والكائنات الدقيقة فتؤخذ من المصادر المحيطة بجسم الكائن الحي .

والمصدر الرئيس للإنسان والحيوان من السكريات هو الغذاء حيث تؤخذ على هيئة سكريات عديدة أو ثنائية أو أحادية. فالسكريات العديدة يتم هضمها بدءاً من الفم حيث تتحلل إلى سكريات أحادية وبالمثل السكريات الثنائية فيتم هضمها في الأمعاء الدقيقة إلى سكريات أحادية سداسية. بعد ذلك يتم الامتصاص عبر جدران هذه الأمعاء إلى الدم لينتقل ٧٠٪ منها إلى الكبد والباقي في أنسجة الجسم الأخرى مثل العضلات ، الكبد ، القلب ، الخ وبعض الأنسجة الأخرى .

وفي هذه الأنسجة يتم تمثيل السكريات الناتجة والمنقولة عبر الدم وذلك بدخولها في عمليات إما هدم لها بغرض تزويد الجسم بالطاقة أو تخزينها على هيئة سكريات عديدة عندما يكون جسم الكائن الحي مكتفياً بالطاقة .

عملية الهدم أو التخزين (البناء) يطلق عليها الأيض (الاستقلاب). وسوف نتطرق هنا عملية هدم السكريات الأحادية (الجلوكوز) .

يعتبر الجلوكوز هو الناتج الرئيس من عمليات الهضم والامتصاص للسكريات العديدة الآتية من الغذاء حيث يذهب ٧٠٪ إلى أنسجة الكبد وهناك يدخل في عملية الهدم أو التحلل (الجلايكوليزيز) في هذه العملية الحيوية يتحلل الجلوكوز إلى جلوكوز حاملاً مجموعة فوسفات على ذرة كربون رقم ٦ (جلوكوز -٦ - فوسفات) وذلك بفسفرته بإنزيم الكاينيز ووجود جزيء من ATP كالتالي : -

جلوكوز ATP ــكاينيزــ> جلوكوز –٦ - فوسفات + ADP

بعد ذلك يدخل في تفاعلات حيوية بما مجموعة عشرة تفاعلات ليتكون الناتج النهائي وهو حامض البايروفيك وهذه العملية تسمى الجلايكوليزيز الهوائية. أما الجلوكوز الداخل في العضلات فهو يتحول بنفس سلسلة التفاعلات كما في الكبد إلا أن ناتجه النهائي هو حامض اللاكتيك (الجلايكوليزيز اللاهوائية) والفرق بين العمليتين هو أن الجلايكوليزيز الهوائية تستهلك أوكسجين. أما أنسجة العضلات والتي تتم فيها عملية الجلايكوليزيز اللاهوائية فلا تستنفذ أوكسجين .

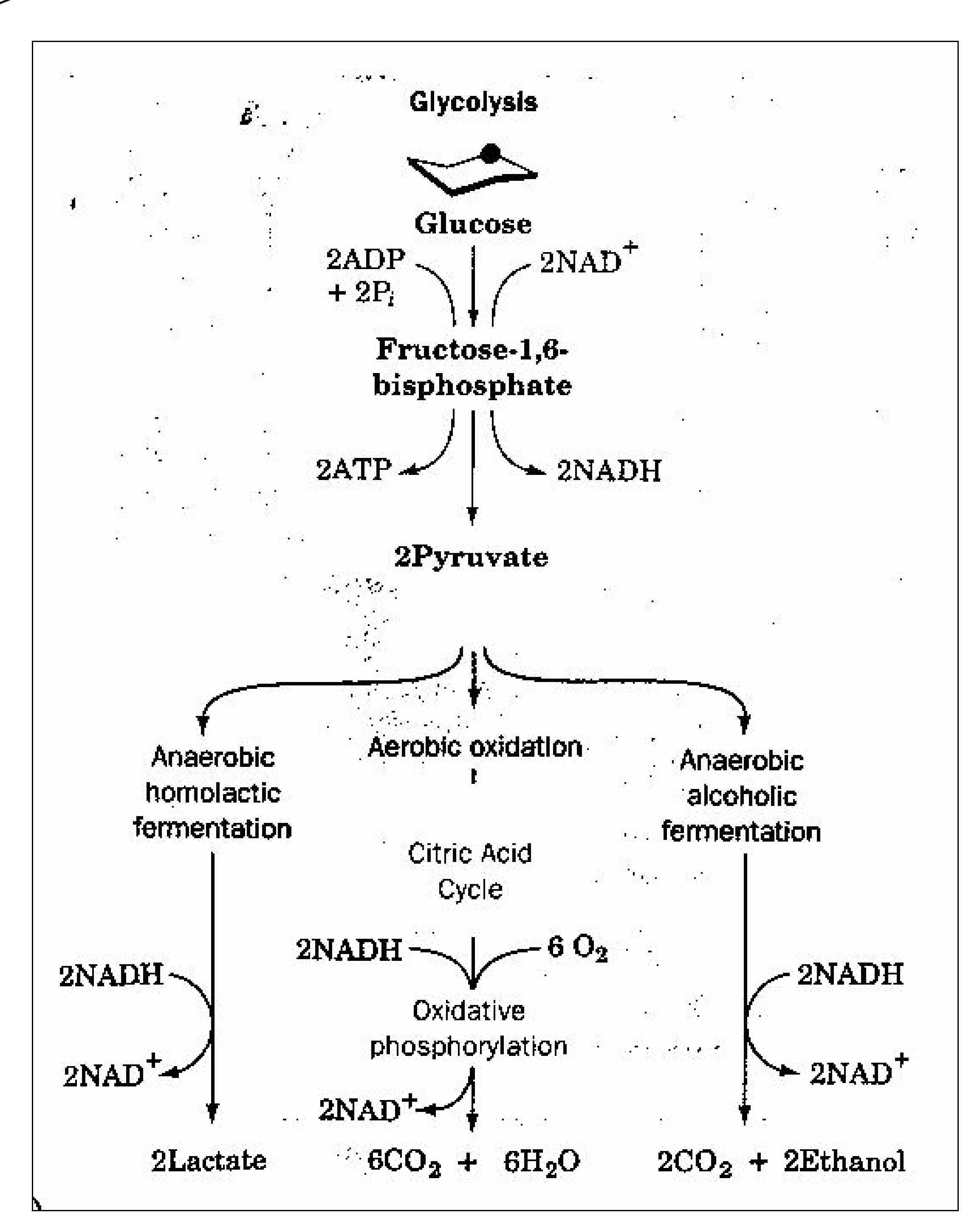
حامض البايروفيك من السيتوبلازم لخلايا الكبد ينتقل إلى الميتوكوندريا وهناك يدخل في سلسلة حلقية من التفاعلات تعرف بعملية حلقة كربس أو حلقة تفاعلات الحامض الثلاثي وتعني التفاعلات الحلقية بأن الناتج النهائي لهذه التفاعلات يدخل كمادة أخرى لبدء هذه التفاعلات .

ولعل الجدير بالذكر أن فائدة تفاعلات هذه الحلقة هو إنتاج طاقة على هيئة ATP يصل عددها ٣٨ جزيء لكل جزء جلوكوز .

ومجمل القول أن الفائدة الرئيسة للسكريات هي تزويد الجسم بالطاقة على هيئة ATP اللازمة لحدوث تفاعلات حيوية أخرى على هيئة بناء وهدم بغرض بقاء نشاط خلايا الجسم .

العمليات الأيضية للكربوهيدرات : -

١ - الجلايكولسز (انحلال السكر) Glycolysis .
٢ - دورة الحامض الثلاثي الكاربوكسل Tricerbsoxylic acid cycle أو دورة كربس Kreb's Cycle ..
٣ - مسار الفوسفو جلوكنبت Phosphogluconate Pathway .
٤ - انتقال الإلكترونات والفسفرة التأكسدية Electron transport and Oxidative phosphorylation .
٥ - الجلايكوجينولسز (Culycogenolysis) انحلال (تكسير) الجلايكوجين إلى سكر الجلوكوز .
٦ - الجلايكوجيز Glycogensis (بناء الجلايكوجين في الجلكوز) .
٧ - الجلوكونيوجيز Gluconeogenesis (بناء الجلكوز) .
٨ - التركيب الضوئي Photosynthesis .



شكل رقم (٧ -٤)

في عملية الجلايكوليزيز يتحلل الجلوكوز إلى البيروفيت لإنتاج وحدتين من ATP .

في عملية الجلايكوليزيز الهوائية وتتحول البروفيت إلى ماء وثاني أوكسيد الكربون عن طريق دورة كربس والفسفرة التأكسدية.

عملية الجلايكوليزيز اللاهوائية في أنسجة العضلات تنتج حامض اللاكتيك .

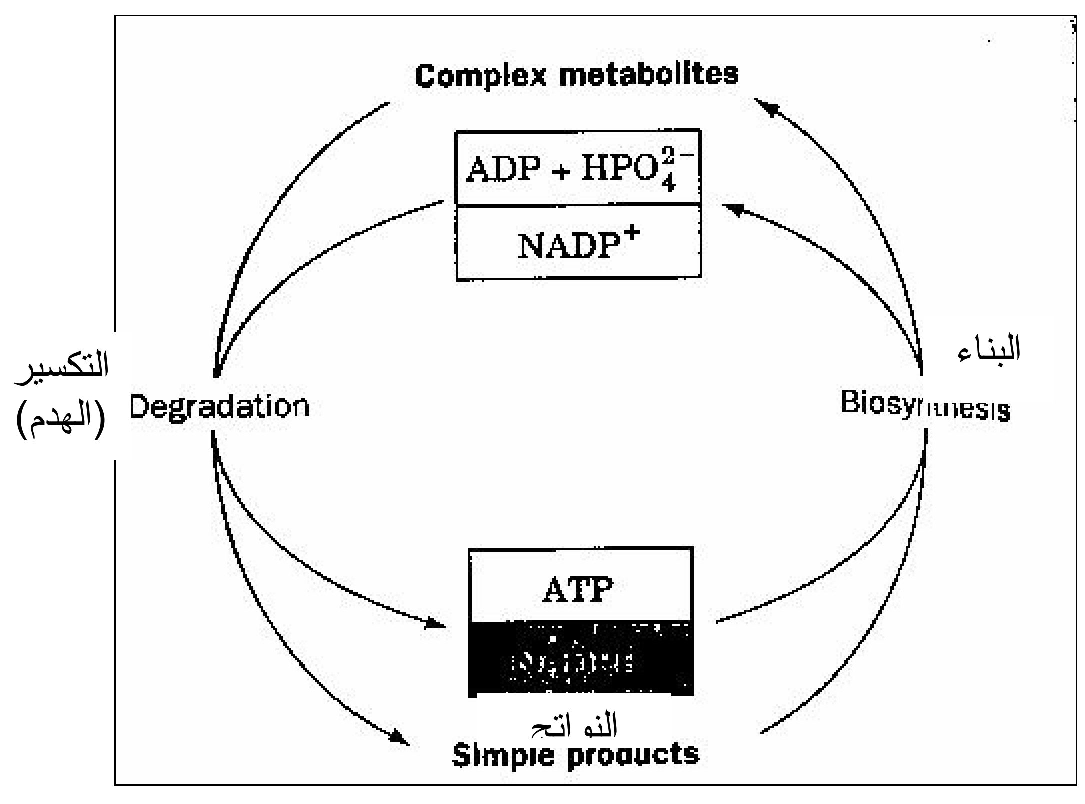
الفرق بين مسارات الهدم (التكسير) والبناء

١ - مسارات الهدم (التكسير) محررة للطاقة حيث تحتاج ADP فتحوله إلى ATP وهو مصدر الطاقة المطلوبة .

٢ - مسارات الهدم تتضمن تفاعلات تأكسدية تشترك فيها مساعدات إنزيمات مؤكسدة مثل FMN , FAD, NADP, NAD فتحولها إلى أشكالها المختزلة . في حين التفاعلات البنائية تستخدم FADH, NADH فتحولها إلى أشكالها المؤكسدة .

٣ - النواتج النهائية End products والمركبات الوسطية في عمليات الهدم هي مواد أولية للبناء .

٤ - من الأمثلة على مسارات الهدم الجلايكوليز ودورة كربس وأكسدة الدهون وتكسير البروتينات ومن أمثلة البناء ، بناء الدهون والبروتينات والكربوهيدرات .



شكل رقم (٧ -٥)

مسارات الهدم والبناء – ونواتج هذه المسارات

أيض الأحماض الأمينية Amino Acid Metalolism

الوظائف الأيضيية للأحماض الأمينية : -

١ - تخدم كوحدة بناء لتكوين البروتينات .
٢ - تخدم كوحدة بناء لمركبات عديدة كالدهون والهرمونات والنيوكليويتدات والأحماض السكرية .
٣ - تخدم كمواد أساس لإنتاج الطاقة من خلال دورة الحامض ثلاثي الكربوكسيل .
٤ - تخدم كمواد أساس لإنتاج الجلوكوز .

مصادر الأحماض الأمينية : -

إن وجود الأحماض الأمينية في الجسم يأتي من مصدرين : -
١ - الجزء الأكبر من الأحماض الأمينية ناجم عن البروتين الغذائي .
٢ - من تكسير بروتينات الجسم نفسه Endogenons من خلال بعض الحالات كالجوع وسوء التغذية .

أيض الأحماض الأمينية : -

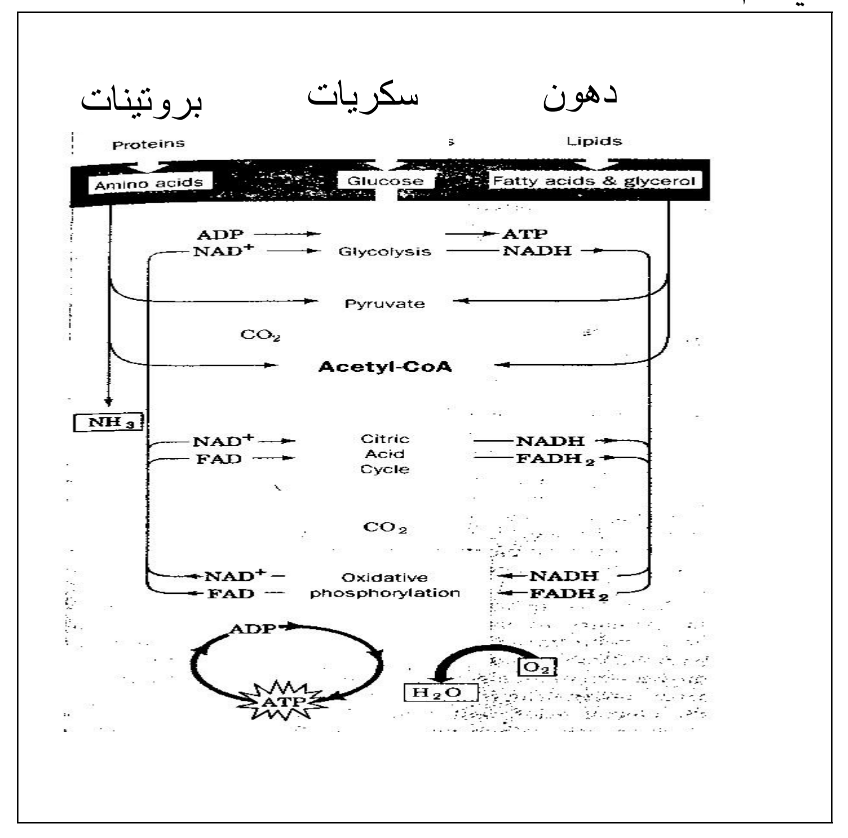
١ - المسار الهدمي (التكسير) للأحماض الأمينية : - Catalolism
عند تناول الأحماض الأمينية بكميات كبيرة جداً أو عندما يستعمل البروتين الموجود في الجسم وقوداً ، كما في حالة الامتناع عن الأكل أو الإصابة بمرض داء السكر. فعن تلك الظروف يتم تكسير الأحماض الأمينية حيث تدخل دورة ثلاثي الكربوكسيل لإنتاج الطاقة بشكل ATP – أما المجاميع الأمينية فإنها تدخل دورة اليوريا لإنتاج اليوريا ومركبات نتروجينية إفرازية .

٢ - المسار البنائي للأحماض الأمينية Analolism
يتضمن المسار البنائي للأحماض الأمينية βiosyathesis للأحماض غير الأساسية Non-essential amino acids والتي تبنى في جسم الإنسان (عددها عشرة أحماض أمينية) وتبنى بثلاث طرق: -

١ - عن طريق إضافة الأمونيا Assimilation .

٢ - عن طريق مجاميع الأمين Transamination .

٣ - التحويرات التي تتم عند تحويل الأحماض الأمينية .



شكل رقم (٧ -٦)

المركبات الأيضية مثل الكربوهيدرات والدهون (الليبيدات) والبروتينات تحلل إلى مكوناتها الأولية وهي الجلوكوز ، الأحماض الدهنية ، الأحماض الأمينية ثم إلى مركبات وسطية مثل استايل CoA – الأستايل تأكسد إلى ثاني أوكسيد الكربون عن طريق دورة كربس وإنتاج مركبات مختزلة مثل NADH و FADH ، يمكن أن يتم تأكسد هذه المركبات لمساعدات الإنزيمات عن طريق انتقال الإلكترونيات والفسفرة التأكسدية لإنتاج الماء و ATP للطاقة .

أسئلة : -

س١ : عرّف الأيض .

س٢ : وضحّ بالمعادلة تحليل ثلاثي أسيل الجليسرول .

س٣ : اشرح بالتفصيل كيفية تأكسد الأحماض الدهنية .

س٤ : اذكر نبذة قصيرة عن أكسدة الدهون الفوسفاتية .

س٥ : كيف يتم بناء الأحماض الدهنية ؟

س٦ : كيف يتم هضم وامتصاص السكريات بصورة عامة ؟

س٧ : كم عدد الجزيئات الناتجة من ATP في أكسدة وتحلل جزيء الجلوكوز ؟

س٨ : اذكر ثلاثة من مسارات أيض السكريات .

س٩ : اذكر اثنين من الفروق بين مسار الهدم (التكسير) ومسار الهدم في عمليات الأيض .

س١٠ : اذكر الوظائف الأيضية للأحماض الأمينية .

س١١ : باختصار وضح المسار الهدمي (التكسير) للأحماض الأمينية .

س١٢ : اشرح باختصار المسار البنائي للأحماض الأمينية .

المراجع : -

- طلال سعيد التجفي ، الكيمياء الحياتية ، كلية العلوم – قسم الكيمياء – جامعة الموصل – مديرية دار الكتب للطباعة والنشر ، ١٩٨٧م .
- إل . دبليو . أوراند وإي . إي . وودز . كيمياء الأغذية ، ترجمة عادل جورج ساجدي وعلاء يحيى محمد على ، كلية الزراعة ، قسم الصناعات الغذائية والألبان ، جامعة البصرة ، ١٩٨٣م .
- Stryer , L. (1995) . Biochemistry, 3rd ed. Freeman and Company . New York, U.S.A.
- Voet, D. and Voet , J. (1990) . Biochemistry . John Wiley, and Sons . New York . U.S.A.
- Vareley , H., Gowenlook , A. and Bell, M. (1980) . Practical cClinical Biochemistry (Vols 1.2) 5th ed. Wiuiam Heinmann medical Books . Ltd., London , U.K.
- Segel , L.H (1984) Biochemical Calculations . John Wiley, New York. U.S.A.
- Conn , E. E; Stumpf , P. K. (1983) . Outlines of Biochemistry , fourth ed. Department of Biochemistry and Biophysiuis , University of California at davis . U.S.A.

المحتويات